

Lehrerdokumentation

ATOM

Vorwort

Wegleitung und Hinweise

**Teil I Grundlagen: Physik, Strahlung,
Uranbergbau, Atomindustrie**

Teil II Atomwaffen und Atomkrieg

**Teil III Zivile Anwendung der
Atomtechnik**

Teil IV Handeln für den Frieden

**Anhang: Kopiervorlagen,
Medienhinweise**

Zur Entstehung dieser Informationsmappe

1984 bildeten wir aus dem Kreis der «Ärzte zur Verhütung des Atomkriegs (PSR Schweiz*)» eine Arbeitsgruppe, die sich mit den Auswirkungen der atomaren Bedrohung auf die seelische Entwicklung von Kindern und Jugendlichen auseinandersetzt.

Wir sind eine Gruppe von Ärzten/Ärztinnen Psychologen/Psychologinnen und Lehrer/innen. Zunächst versuchten wir, uns ein Bild zu machen über Stand und Verarbeitung von Informationen zu atomaren Fragen bei Oberstufenschüler/innen.

Ausgehend von ihren Aufsätzen, in welchen sie spontan die atomare Gefahr ansprachen, führten wir mit 15 Jugendlichen eingehende Einzelgespräche.

Beim Auswerten der Interviews fiel uns auf, dass den Kindern konkrete Informationen weitgehend fehlten. Hingegen trugen sie diffuse Ängste und Vorstellungen in sich.

Die Lehrer/innen in unserer Gruppe stellten zudem fest, wie aufwendig es ist, wenn sie Unterrichtsmaterial zum Thema «Atom – Risiken und Gefahren» beschaffen wollten. Aus diesen Gründen begannen wir anfangs 1986, noch vor «Tschernobyl», eine Informationsmappe zusammenzustellen. Wir wollten ein Lehrmittel gestalten, das als Grundlage in den Fächern Physik, Geschichte und Geographie dient. Inzwischen ist ein erster Teil verfügbar, der in der «Wegleitung» näher beschrieben wird.

Dieses Lehrmittel soll die kritische Auseinandersetzung mit dem Thema «Atom – Risiken und Gefahren» erleichtern. Dabei sind wir uns bewusst: Existentielle Bedrohung und atomare Bedrohung insbesondere lösen **Ängste** aus bei Schüler/innen und Lehrer/innen. Diese sind vergleichbar mit Ängsten, die wir als kleine Kinder erlebt haben. Unsere Kinder tragen diese Ängste und Ahnungen mit sich, ob wir Erwachsene sie nun ansprechen oder totschweigen. Notwendigerweise wehren wir uns alle gegen solche zu intensive Angstgefühle. Die folgenden Beispiele sollen zeigen, auf welche Weise sich unsere Seele vor zuviel Angst schützt.

- Die stärkste Form, Angst zu vermeiden, nennen Psychologen Verleugnen und Verdrängen: Wir leben unbekümmert so weiter, als gäbe es keine Atomkriegsgefahr. Oder wir beschwichtigen uns mit «das kann bei uns nicht passieren», «das gibt es nur in Russland/USA», «Strahlenangst ist nur Hysterie» und ähnlichem mehr.
- Wir versuchen, die Unermesslichkeit der Kriegsangst zu vermindern, indem wir uns einreden, das sei unser persönliches Problem, dass sie uns so belaste. Diese Privatisierung führt in die Einsamkeit und vielleicht sogar zur Depression.
- Oder wir vermindern unsere Angst, indem wir die Verantwortung nach «oben» abgeben, an Ämter, Politiker, Experten, «die es wohl besser wissen».
- Manchmal versuchen Experten, uns Sicherheit zu vermitteln, indem sie sich auf ihre Autorität und ihr Wissen berufen, und wir spüren verärgert die Absicht einer Beschwichtigung. Dann können wir annehmen, dass der Experte sein sicheres Auftreten zur eigenen Angstbewältigung gebraucht hat.
- Indem wir durch Witz die Bedrohung ins Lächerliche ziehen, können wir auch unsere Angst vermindern. Durch spielerischen Umgang, z.B. mit der Vieldeutigkeit eines Wortes (Du strahlst so, hast Du Salat gegessen?) entlasten wir uns von Ohnmachts- und Angstgefühlen.

Anstatt die Ängste abzuwehren, können wir uns ihnen stellen und daraus aktiv werden. In einer offenen und solidarischen Atmosphäre erleben wir, dass dies der seelischen Gesundheit gut tut.

Arbeitsgruppe Kinder und atomare Bedrohung der PSR-Schweiz*
Herbst 1988

- * PSR (**P**hysicians for **S**ocial **R**esponsibility) = Schweizer Sektion der IPPNW (**I**nternational **P**hysicians for the **P**revention of **N**uclear **W**ar) Internationale Ärzte zur Verhütung des Atomkriegs, die 1988 weltweit 200'000 Mitglieder in über 55 Ländern zählt, in der Schweiz 1'400 Ärztinnen und Ärzte.

Wegleitung und Hinweise

Wie kann das Material verwendet werden?

Der Ordner ATOM eignet sich vor allem für die Oberstufe der Volksschule.

Grundsätzlich stellen wir uns vor, dass der Text den Benutzer/innen als Basis dafür dient, das Thema nach eigenen Vorstellungen zu gestalten. Doch können durchaus Blätter nachgedruckt und direkt als Diskussionsgrundlage abgegeben werden. Das Material ist aber **nicht** für ein Selbststudium für Schüler/innen, sondern für ein Gespräch gedacht. Es hat sich auch bewährt, nur soviel Information auf einmal abzugeben, dass noch gleichentags genügend Zeit bleibt für Nachdenken, Diskussion, Reaktionen und Vorschläge innerhalb der Gruppe. Das potentielle Grauen kann bei den einen zu Verzweiflung, bei anderen zu sofortiger Verdrängung führen. Beides ist nicht wünschenswert. Vertrautheit in der Gruppe/Klasse, in der das Thema diskutiert wird, hilft, über schwierige Gefühle offen zu sprechen. Es liegt im Ermessen jedes Lehrers, wie weit er seine eigene Betroffenheit zeigen will. Hingegen darf er die Schüler/innen durch seine Haltung nicht unter moralischen Druck setzen. Wir Erwachsenen neigen dazu, die Jugendlichen als Hoffnungsträger zu missbrauchen, während diese uns als die Mächtigen erleben, die letztlich für das heutige Schlamassel verantwortlich sind.

Falls jemand sich in ein Gebiet vertiefen will, sei auf die **Literaturliste** nach jedem Teil verwiesen. Diese hilft auch bei Gemeinschaftsarbeiten von Schüler/innen in einem thematischen Unterricht. Für die Überlassung einer Kopie solcher Arbeiten wären wir dankbar.

Der Ordner ist so aufgebaut, dass er ergänzt und aktualisiert werden kann. Es ist anzunehmen, dass in den nächsten Jahren das Wissen über die Auswirkungen der kriegerischen und zivilen (Tschernobyl) Anwendung der Nuklear-Technologie zunimmt.

Die einzelnen Teile

- I behandelt die Grundlagen: Physik, Strahlung, Uranbergbau. Ein Kapitel «Industrie» soll noch folgen.
- II geht speziell auf Atomwaffen und Atomkrieg ein. Die Folgen der Bomben von Hiroshima und Nagasaki werden geschildert. Im zweiten und dritten Kapitel geht es um die Bauarten von Atombomben und die Auswirkungen eines Atomkriegs.
- III «Zivile Anwendung» fehlt noch. Es wäre eine wichtige Aufgabe, die bestehende Literatur zu diesem Thema kritisch auszuwerten.
- IV «Handlungsanweisungen für den Frieden» ist ein wichtiges Thema für diese Informationsmappe. Wir möchten nicht das potentielle Grauen schildern, ohne Möglichkeiten aufzuzeigen, es zu verhindern. Einen ersten Schritt in diese Richtung haben wir mit der «Schülermappe» unternommen. Sie ist auf Schüler der Oberstufe ausgerichtet und kann kopiert abgegeben werden.
- V Anhang: Kopiervorlagen und Medienhinweise. **Kopiervorlagen** zur freien Verwendung für die Lehrer/innen. Zu einzelnen Gebieten stehen sehr eindrückliche **Filme** und **Dia-Vorträge** zur Verfügung (siehe Liste). **Das Baukastenprinzip** ist auch eine Aufforderung an alle Benützer des Ordners, sich an seinem Ausbau zu beteiligen. Der Talon dient zur Bestellung von neu erscheinenden Kapiteln.
Wir haben versucht, der Öffentlichkeit nicht leicht zugängliche Daten auf ihre Vertrauenswürdigkeit zu prüfen. Dies hier ist das vorläufige Ergebnis. Wir sind auf Ihre Anregungen gespannt.
Danken möchten wir an dieser Stelle allen, die mit ihrer Mitarbeit zum Gelingen dieses Lehrmittels beigetragen haben. Ohne die zahlreichen Lektoren und kritischen Leser hätten wir die Herausgabe nicht gewagt. Ihnen sei herzlich gedankt, ebenso den Geldspendern, die uns geholfen haben, das Defizit bei der Herstellung zu tragen.

Inhaltsverzeichnis Teil I: Grundlagen Physik, Strahlung, Uran- bergbau, Atomindustrie

1. Physikalische Grundlagen

- 1.1 Atomaufbau
- 1.2 Chemische Elemente
- 1.3 Isotope
- 1.4 Radioaktivität
 - Strahlenarten
 - Halbwertszeit
- 1.5 Kernspaltung

2. Die Wirkung radioaktiver Strahlen

- 2.1 Einheiten
- 2.2 Quellen radioaktiver Strahlenbelastung
 - Natürliche Strahlenbelastung
 - Künstliche Strahlenbelastung
- 2.3 Das Problem der Strahler
 - Konzentrationsmechanismen in Lebewesen
 - Wo sich radioaktive Stoffe in unserem Körper konzentrieren
- 2.4 Strahlenschäden
- 2.5 Somatische Schäden
 - Strahlenkrankheit
 - Spätschäden
 - Die Wirkung niedriger Strahlendosen
- 2.6 Genetische Schäden

3. Uranbergbau

- 3.1 Die natürliche Radioaktivität
- 3.2 Der Abbau von Uran
 - Bergbau
 - Aufbereitung der Erze
 - Der Abraum
 - Der Uranabbau schadet dem Menschen
- 3.3 Uranvorkommen und Ureinwohner
 - Uran auf indianischem Land
 - Uran in Reservaten der Aborigines in Australien

1. Physikalische Grundlagen

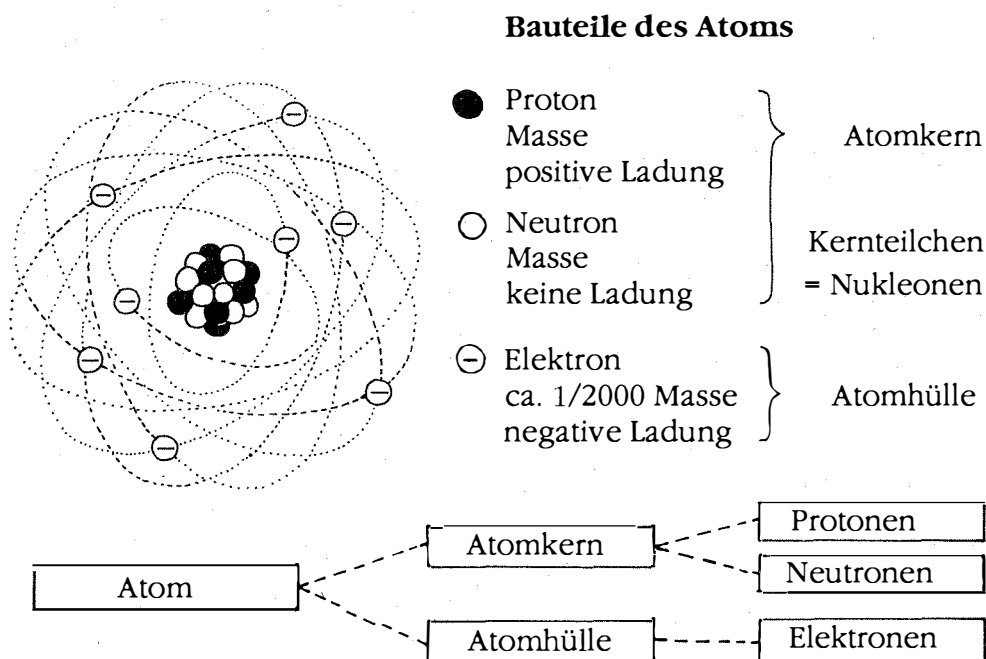
„Das physikalische Weltbild hat nicht unrecht mit dem was es behauptet, sondern mit dem was es verschweigt.“ C. F. von Weizsäcker

1.1 Atomaufbau

Anschaulich kann ein Atom mit dem Aufbau unseres Sonnensystems verglichen werden. In der Mitte steht die Sonne, um sie herum bewegen sich die Planeten. Analog, aber unvorstellbar klein, besteht das Atom aus einem Kern (der Sonne entsprechend), der von Elektronen umkreist wird (den Planeten entsprechend).

Fast die ganze Masse des Atoms ist im Kern konzentriert. So ist z. B. die Kernmasse eines Wasserstoffatoms etwa 2000 mal schwerer als diejenige eines um den Kern kreisenden Elektrons. Zudem sind die Atome praktisch «leer». Wenn man sich einen Kern so gross wie eine Haselnuss vorstellt, dann umkreist das Elektron diesen Kern in einer Entfernung von etwa 500 m. Der Kern selber hat eine unvorstellbare Dichte. Ein Kubikzentimeter reine Atomkernmasse würde das Gewicht von ca. 180 Millionen Tonnen aufweisen.

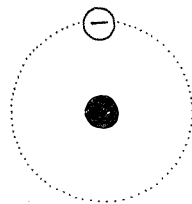
Nach einem Modell des Atomkerns besteht dieser aus den elektrisch positiv geladenen Protonen und aus neutralen Teilchen, den Neutronen. Normalerweise entspricht die Anzahl der positiven Teilchen (Protonen) im Kern derjenigen der umkreisenden negativen Elektronen, so dass das Atom elektrisch neutral ist.



1.2 Chemische Elemente

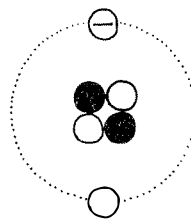
Die chemischen Grundstoffe, aus welchen alle Stoffe aufgebaut sind, heissen Elemente, z. B. Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff etc. Zurzeit sind 107 Elemente bekannt. Jedes Element besteht aus einer bestimmten Art von Atomen. Die Atome aller Elemente sind aus den gleichen Teilchen aufgebaut, sie unterscheiden sich nur in der Anzahl dieser Teilchen.

Aufbau der Grundstoffe



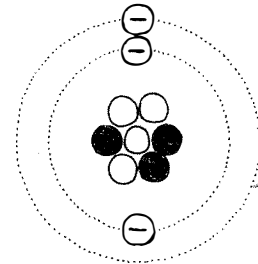
Wasserstoff H

- 1 Proton
- 1 Elektron



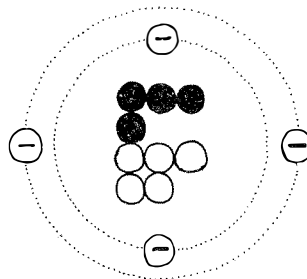
Helium He

- 2 Protonen
- 2 Neutronen
- 2 Elektronen



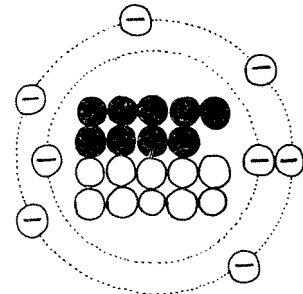
Lithium Li

- 3 Protonen
- 4 Neutronen
- 3 Elektronen



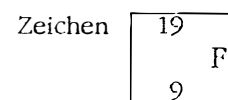
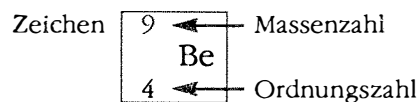
Beryllium

- 4 Protonen
- 5 Neutronen
- 4 Elektronen
- 9 Massenzahl
- 4 Ordnungszahl



Fluor

- 9 Protonen
- 10 Neutronen
- 9 Elektronen
- 19 Massenzahl
- 9 Ordnungszahl



Atomkerne enthalten gleich viele oder mehr Neutronen als Protonen. Die Gesamtzahl der Kernteilchen oder **Nukleonen** (Protonen und Neutronen) eines Atoms nennt man **Massenzahl**. Die Anzahl der Protonen wird als **Ordnungszahl** bezeichnet.

1.3 Isotope

Die Anzahl der Protonen im Atomkern ist für jedes Element genau bestimmt. Sie steigt vom leichtesten Element, dem Wasserstoff, der im Kern ein Proton enthält, bis zum schwersten natürlichen Element, dem Uran mit 92 Protonen. Die Anzahl der Neutronen im Kern dagegen kann bei ein und demselben Element variieren. Solche Geschwisteratome nennt man **Isotope**.

Zur Kennzeichnung der Elemente und Isotope kann man die Massenzahl auch hinter die Elementbezeichnung schreiben. So hat z.B. das Uran-238 eben 238 Nukleonen im Kern, während sein Isotop Uran-235 nur deren 235 im Kern enthält. Beides ist jedoch Uran.

Die Isotope des Sauerstoffs

	$^{16}_8\text{O}$	$^{17}_8\text{O}$	$^{18}_8\text{O}$
Massenzahl	16	17	18
Ordnungszahl	8	8	8
Protonen			
Neutronen			
Elektronen			
Vorkommen im natürlichen Sauerstoff	99,76 %	0,04 %	0,20 %

weitere Beispiele:

	Atomkern		Atomhülle	Isotope
	Protonen	Neutronen	Elektronen	
Wasserstoffatome	1	0	1	Wasserstoff Deuterium Tritium
	1	1	1	
	1	2	1	
Kohlenstoffatome	6	6	6	Kohlenstoff-12 Kohlenstoff-14 u. a.
	6	8	6	
Sauerstoffatome	8	8	8	Sauerstoff-16 Sauerstoff-18 u. a.
	8	10	8	
Schwefelatome	16	16	16	Schwefel-32 Schwefel-34 u. a.
	16	18	16	
Uranatome	92	142	92	Uran-234 Uran-235 Uran-238 u. a.
	92	143	92	
	92	146	92	

Isotope nennt man Atome mit gleicher Protonenzahl, die sich aber in der Anzahl der Neutronen unterscheiden.

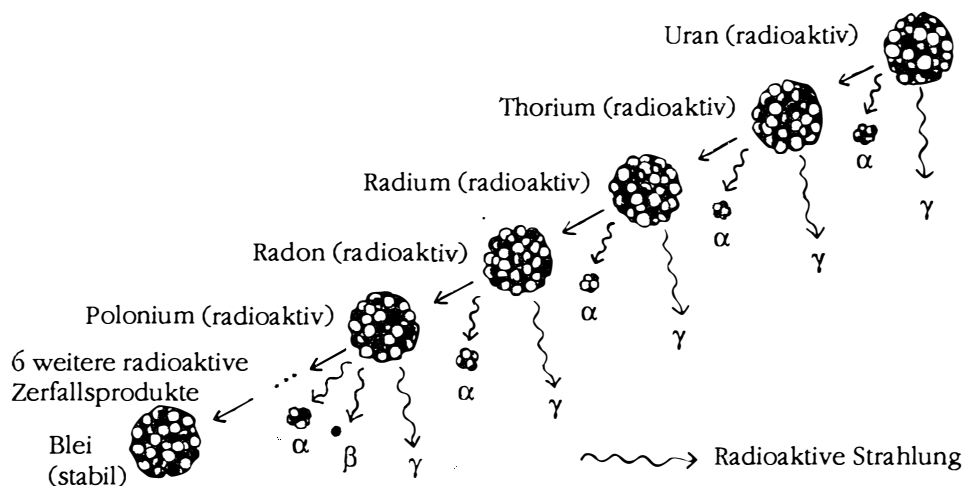
1.4 Radioaktivität

In der Natur gibt es seit jeher Isotope, deren Atomkerne nicht stabil sind, sondern ohne äussere Einwirkung von selber zerfallen. Man nennt sie **Radionuklide**. Diesen Zerfall der Atomkerne nennt man **Radioaktivität**. So gibt es z.B. neben dem normalen Kohlenstoff-Isotop C-12 ein radioaktives Isotop C-14.

Der radioaktive Zerfall des instabilen Kerns erfolgt unter einer Aussendung von **Strahlung** (Strahlung ist eine Form der Energieausbreitung). Dieser Zerfall geht nach physikalischen Gesetzen vor sich, bis wiederum ein stabiler Kern entstanden ist. Dabei verändert sich meistens sogar der Elementarcharakter. So verwandelt sich radioaktiver Kohlenstoff C-14 in Stickstoff und radioaktiver Phosphor P-32 in Schwefel.

Die radioaktive Zerfallsreihe des Uran-234:

(eines der 3 natürlichen Uranisotopen)



Radioaktive Substanzen sind Voraussetzung für radioaktive Strahlung. Radioaktive Strahlung ist das Ergebnis des Zerfalls einer radioaktiven Substanz.

Radioaktive Strahlen sind unsichtbar. Man kann sie weder schmecken, noch riechen, noch fühlen.

Die moderne Atomtechnik hat es ermöglicht, neue Elemente auf künstlichem Weg herzustellen, deren Existenz aber aufgrund theoretischer Erkenntnisse vorausgesehen wurde. Die neu gefundenen Elemente können in der Natur kaum vorkommen, da sie instabil sind, d.h. sie sind **alle** radioaktiv mit kurzer Halbwertszeit.

Strahlenarten

Bei zerfallenden Atomen entstehen vier Strahlenarten:

- 1. Alpha-Strahlen (α -Strahlen).** Sie sind eine **Teilchenstrahlung** von hoher Geschwindigkeit aus dem zerfallenden Kern (schnelle **Heliumkerne**). In der Luft kommen sie aber nur wenige Zentimeter weit, im Körpergewebe nur etwa 0,1 Millimeter. Dringen sie in einen Zellkern ein, wirken sie strukturzerstörend.
- 2. Beta-Strahlen (β -Strahlen).** Sie bestehen aus schnellen **Elektronen**, die ebenfalls aus dem Atomkern stammen (ein Neutron kann nämlich in ein Proton und ein Elektron zerfallen, wobei das Elektron ausgestrahlt wird). Beta-Strahlen können im Körpergewebe einige Zentimeter weit gelangen.

3. **Gamma-Strahlen** (γ -Strahlen). Es handelt sich hier nicht um Teilchen, sondern um **elektromagnetische Wellen höherer Energie** (Energiequanten), die im Gegensatz zu Alpha- und Beta-Strahlen sogar teilweise Beton, Blei und Stahl zu durchdringen vermögen. Sie entstehen auch fast immer zugleich mit Alpha- und Beta-Strahlen.
4. **Neutronen-Strahlung**. Neutronen werden hauptsächlich bei künstlichen Kernumwandlungen ausgesandt, wie bei Atombombenexplosionen und der Kernspaltung in Atomkraftwerken. Neutronen-Strahlen existieren nicht von selbst auf der Erde. Neutronen haben für viele Substanzen ein unheimlich starkes Durchdringungsvermögen (Neutronenbombe).

Von **natürlicher Radioaktivität** spricht man, wenn sie in der Natur vorkommt, ohne Zutun des Menschen.

Von **künstlicher Radioaktivität** spricht man, wenn sie durch menschliche Manipulation entsteht. Es ist im Prinzip möglich, alle stabilen Elemente in radioaktiv umzuwandeln. Diese Umwandlung ereignet sich zum Beispiel bei der Atomspaltung.

Halbwertszeit

Jedes radioaktive Element benötigt für seinen Zerfall eine ganz bestimmte Zeit. Das Mass für diese Zerfallsgeschwindigkeit ist die sogenannte physikalische Halbwertszeit (HWZ), die angibt, wann die Hälfte der Kerne einer ganz bestimmten radioaktiven Substanz zerfallen ist. Sie schwankt von Sekundenbruchteilen bis zu Milliarden von Jahren. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Halbwertszeiten einiger von Atomanlagen in unseren Lebensraum ausgestossener Radionuklide.

HWZ _____		HWZ _____	
Strontium-89	50,5 Tage	Plutonium-239	24'390,0 Jahre
Strontium-90	28,5 Jahre	Xenon-133	5,3 Tage
Ruthenium-106	368,0 Tage	Krypton-85	10,7 Jahre
Jod-129	15,7 Mio Jahre	Tritium	12,3 Jahre
Jod-131	8,0 Tage	radioaktiver	
Cäsium-134	2,0 Jahre	Kohlenstoff	5'736,0 Jahre
Cäsium-137	30,1 Jahre		

Bei Tritium (radioaktiver Wasserstoff) mit einer Halbwertszeit von 12,3 Jahren ist zum Beispiel von 1 kg Tritium nach 12,3 Jahren immer noch die Hälfte, d.h. ein Pfund vorhanden.

Beim Plutonium-239 – welches ausschliesslich bei der Atomspaltung produziert wird – dauert es 24'390 Jahre, bis es sich zur Hälfte reduziert hat. Die andere Hälfte setzt sich aus verschiedenen Zerfallsprodukten zusammen, die selbst radioaktiv sind mit eigenen Halbwertszeiten.

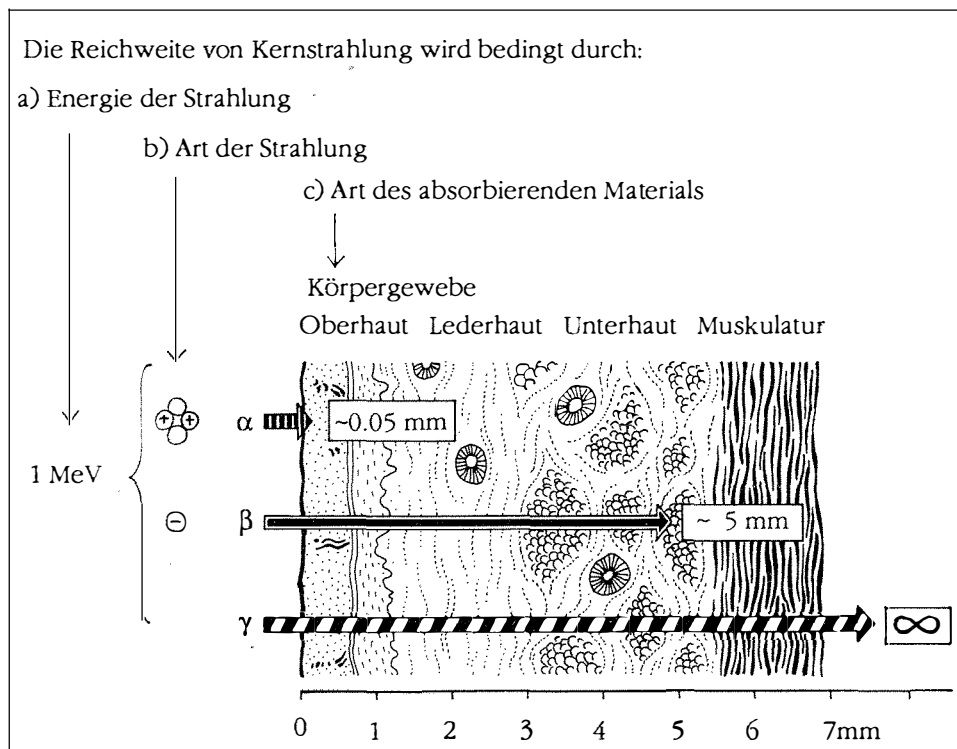
Radioaktive Substanzen, die der Mensch durch physikalische Prozesse produziert hat, können nicht unschädlich gemacht (-entsorgt-) werden. Man kann nur warten, bis sie und ihre Zerfallsprodukte vollständig zerfallen sind.

2. Die Wirkung radioaktiver Strahlen

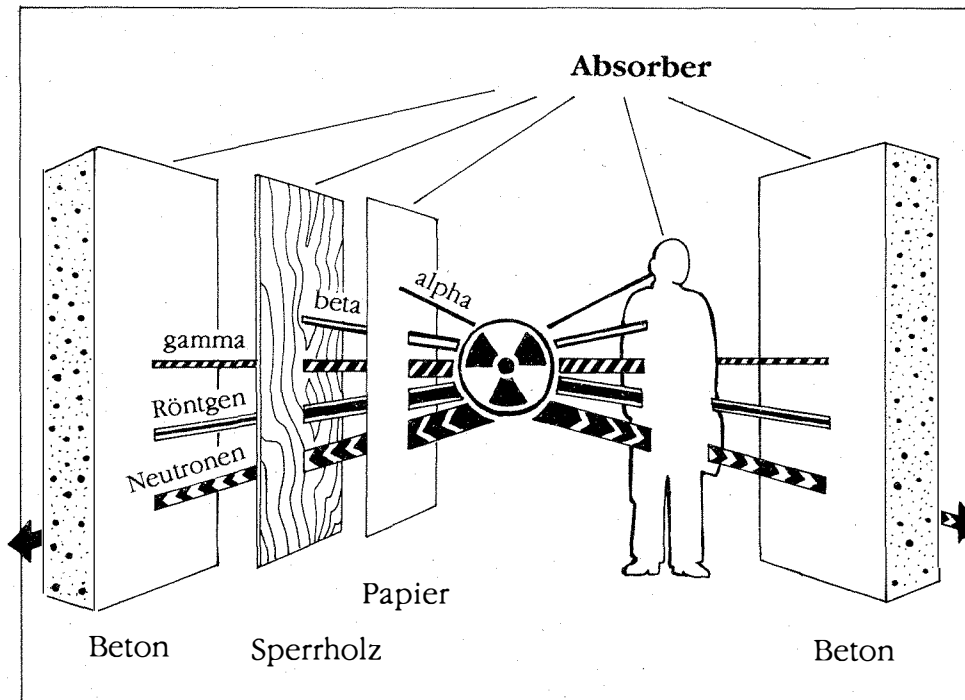
Radioaktive Strahlung (α -, β -, γ - und Neutronen-Strahlung) wird auch ionisierende Strahlung genannt. Sie heisst so, weil sie Atome, die von ihr getroffen werden, in geladene Atome, sog. **Ionen** umwandelt, indem sie aus ihren Atomhüllen Elektronen wegschlägt. Das Atom wird – durch den Verlust von negativen Elektronen – positiv aufgeladen.

Ein lebender Organismus benötigt zur Aufrechterhaltung des Lebens keine ionisierende Strahlung. Im Gegenteil wirkt jede solche Bestrahlung lebensfeindlich. Infolge der verursachten Ionisation werden chemische Verbindungen (Moleküle) meistens nachteilig beeinflusst, aufgespalten oder zerstört. Im Körper können sich Zellgifte bilden, welche Stoffwechsel- und Hormonstörungen verursachen oder vielfältigste Krankheiten wie Leukämie und Krebs hervorrufen. Auch Veränderungen der Erbsubstanz (Mutationen) kommen vor (vgl. I/2.6).

Gewebe-Eindringtiefe verschiedener Strahlen



Jede Materie, die eine Schwächung der sie durchdringenden radioaktiven Strahlung bewirkt, wird als **Absorber** bezeichnet. Der Vorgang der Schwächung der Strahlungsintensität heisst **Absorption** und beruht z.T. auf der Umwandlung der Strahlungsenergie in eine andere Energieform, z.B. in chemische Energie. Die Absorption nimmt mit der Dicke und Dichte des durchstrahlten Mediums zu.



2.1 Einheiten

Aktivität: Um ein physikalisches Mass für die Grösse der Radioaktivität eines Stoffes zu bekommen, gibt man die Häufigkeit der radioaktiven Zerfälle an. Diese Aktivität eines Stoffes wurde früher in Curie (Ci), heute in der Masseinheit Becquerel (Bq) angegeben:

1 Becquerel liegt vor, wenn pro Sekunde ein Atomkern zerfällt, unabhängig davon ob es sich um Alpha- oder Beta-Strahlen handelt. (1 Curie = 37 Milliarden Becquerel).

Viele Atomzerfälle pro Sekunde (hohe Becquerel-Zahl) bedeuten also, es wird viel radioaktive Strahlung ausgesandt; wenige Atomzerfälle pro Sekunde (niedrige Becquerel-Zahl) bedeuten, es wird wenig radioaktive Strahlung ausgesandt. Aber niedrige Werte müssen nicht automatisch geringere Gefährlichkeit bedeuten. Die Gefährlichkeit eines radioaktiven Stoffes wird nicht nur von seiner momentanen Radioaktivität, sondern auch wesentlich von seiner Lebensdauer (HWZ) und der Art der ausgesandten Strahlung bestimmt.

Wirkung: Für die Wirkung der radioaktiven Strahlung, um Begriffe wie «Strahlenbelastung» und «Strahlenschädigung» zu präzisieren, gibt es kein eindeutiges Mass. Die Wirkungen sind sehr verschiedenartig, je nachdem was von der radioaktiven Strahlung getroffen wird (Mensch, Tier, Pflanze, tote Materie oder auch Haut, Lunge, Keimdrüsen, Gene usw.). Um trotzdem die Wirkung und Gefahr **abschätzen** zu können, hat man sich im wesentlichen auf folgende Dosisbegriffe und Einheiten geeinigt:

- **Reine Strahlendosis:** Diese Energiedosis mit der Einheit **Gray** (Gy) gibt an, wieviel Energie im von der Strahlung getroffenen Material steckenbleibt. **1 Gray bedeutet, dass in 1 Kilogramm eines beliebigen Stoffes die Energie von 1 Joule steckengeblieben ist.** (Früher hiess die Masseinheit rad. $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$). Diese Energiemenge ist sehr klein. Die gleiche Menge, die als radioaktive Strahlung einen Menschen sicher töten würde, 10 Gy, könnte als Wärmeenergie den Körper nur um einige Tausendstel Grad Celsius erwärmen.
- **Biologisch wirksame Strahlendosis:** Man hat aber schon bald erkannt, dass die Angabe der vom Material aufgenommenen Energie einer Strahlung ihre Wirksamkeit nicht ausreichend beschreibt, schon gar nicht, wenn es um die biologische Wirkung geht. Die **biologisch wirksame Strahlendosis wird in Sievert (Sv)** gemessen (früher in rem, $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$). Die biologisch wirksame Dosis hängt zum Beispiel auch von der Art der radioaktiven Strahlung ab. Diese schätzt man verschieden wirksam ein:

1 Gy Alpha-Strahlen	=	20 Sv	
1 Gy Beta-Strahlen	=	1 Sv	
1 Gy Gamma-Strahlen	=	1 Sv	
1 Gy Neutronen-Strahlen	=	1-10 Sv	je nach Neutronengeschwindigkeit

Es handelt sich hierbei nur um Abschätzungen, die die Vergleichbarkeit von Strahlenwirkungen ermöglichen sollen.

Angaben in Sv oder rem stellen keine objektiven physikalischen Werte dar, sie sind bloss ein bedingt brauchbares Zwischenergebnis, aus dem nur die gesundheitlichen Folgen von Bestrahlung statistisch abgeschätzt werden sollen.

Die **Ionendosis** wird in **Röntgen (R)** gemessen, ein Mass für die Anzahl der geladenen Teilchen, die entstehen, wenn radioaktive Gamma-Strahlung durch Luft abgebremst wird. Für Gamma- und Röntgen-Strahlung gilt ungefähr: $100 \text{ R} = 1 \text{ Gy}$.

2.2 Quellen radioaktiver Strahlenbelastung

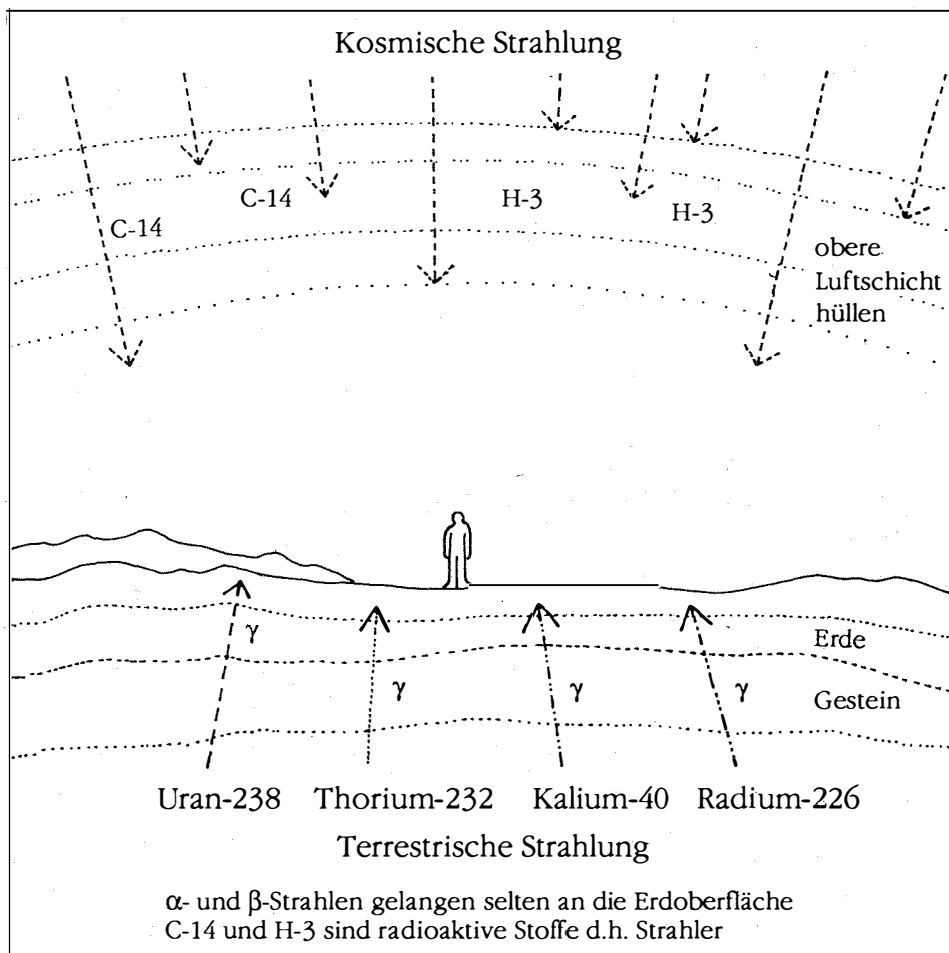
Grundvoraussetzung jeder wissenschaftlich ehrlichen Aussage über die Strahlenbelastung ist die Unterscheidung zwischen **äusseren Strahlen** und **inneren Strahlen**, hervorgerufen durch in den Körper aufgenommene radioaktive, strahlende Substanzen, den sog. **inkorporierten Strahlern** (vgl. I/2.3).

Natürliche Strahlenbelastung

Überall in unserer Umwelt gibt es eine gewisse natürliche Radioaktivität. Dieser Strahlung kann sich niemand entziehen. Sie ist schädlich, und in Gegenden höherer natürlicher Strahlung ist das Risiko gesundheitlicher Schädigung grösser.

Die **natürliche äussere Strahlung** besteht vor allem aus Gamma-Strahlen. Sie hat zwei Quellen: das Weltall (kosmische Strahlung) und den Boden (terrestrische Strahlung). Der aus der Atmosphäre eindringende Teil wird durch die Luftschichten abgeschwächt, so dass seine Stärke von der Höhe über dem Meeresspiegel abhängt. Man rechnet alle 1000 m mit einer Verdoppelung der Dosis.

Natürliche Strahlenbelastung



Die Bodenstrahlung hingegen entspringt radioaktiven Gesteinen. Dafür sind vor allem die auf geologische Zeiten zurückgehenden aktiven Elemente Kalium-40, Uran-238, Thorium-232 und Radium-226 und deren eventuelle Folgeprodukte verantwortlich. Die Strahlenbelastung kann je nach Bodenbeschaffenheit sehr unterschiedlich sein. Hohe Werte treten z.B. in gewissen Gebieten von Brasilien und in Indien auf (Madras, Kerala). Ebenso führen Granitböden zu höheren Strahlenbelastungen.

Die **natürliche innere Strahlung** besteht auch aus Alpha- und Beta-Strahlen. Sie erfolgt durch eine **sehr begrenzte Anzahl** inkorporierter natürlicher radioaktiver Substanzen. Nicht nur Radionuklide aus dem Boden z.B. Kalium-40 und Radon-222, sondern auch beispielsweise der radioaktive Wasserstoff Tritium und Radio kohlenstoff C-14, welche durch Umwandlung infolge der kosmischen Strahlung in den äusseren Luftschichten gebildet werden, können in den Körper aufgenommen werden.

Künstliche Strahlenbelastung

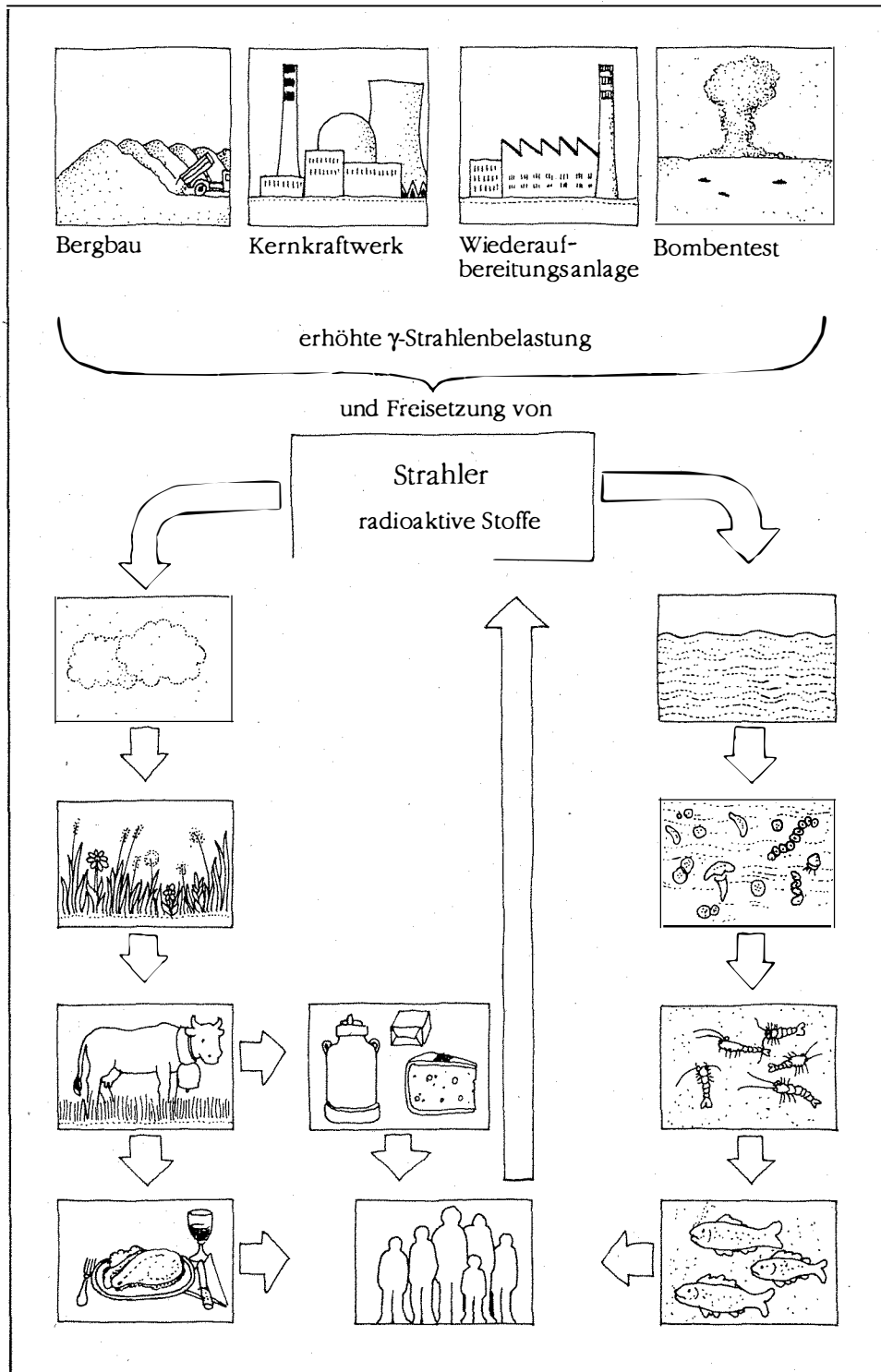
Zusätzlich zur natürlichen Strahlenbelastung gelangt immer mehr künstliche Radioaktivität aus unterschiedlichen Quellen in die Umwelt und beeinflusst Mensch und Natur.

Neben der Medizin, die einen recht grossen Anteil an zusätzlicher Strahlenbelastung verursacht (vgl. III), ist vor allem die Anwendung der Atomtechnik (Atomwaffen, Atomenergie) für die immer grösser werdende künstliche Strahlenbelastung verantwortlich (vgl. II/III).

Die **äussere künstliche Strahlenbelastung** stammt hauptsächlich aus Bombentests, dem Uran-Bergbau, den Anreicherungs- und Wiederaufbereitungs-Anlagen sowie den Atomkraftwerken. Aus den gleichen Quellen stammt aber auch eine Unzahl von Radionukliden, die in der Natur nicht vorkommen und durch Atmung, über die Haut und die Nahrungskette in unseren Körper aufgenommen werden und damit zur **inneren künstlichen Strahlenbelastung** führen. Künstliche Strahlenbelastung ist grösstenteils Strahlenbelastung durch inkorporierte Strahler.

*Gegen äussere Strahlen kann man sich unter Umständen mit geeigneten Absorbern schützen. Gegen inkorporierte Strahler kann man sich **nicht** schützen, sie verursachen je nach Substanz eine langandauernde innere Strahlenbelastung.*

Künstliche Strahlenbelastung



2.3 Das Problem der Strahler

In kleinen Dosen werden vielfältige Gemische von gefährlichsten Radionukliden unterschiedlichster Herkunft in der Umwelt ziellos verbreitet und sind damit jeder Kontrolle entzogen. Diese Substanzen gelangen in die Nahrung und somit in unseren Körper, ohne dass wir sie mit unseren Sinnesorganen wahrnehmen können. So entstehen die berüchtigten inneren Strahlenquellen aus künstlicher Radioaktivität. Einen Strahlenschutz dagegen gibt es nicht. Die gasförmigen Produkte und die feinen Staubteilchen belasten zudem unsere Atemwege und das Lungengewebe. Ein Beispiel ist Plutonium, von welchem schon winzigste Mengen in der Lunge Krebs erzeugen. Ein Pfund Plutonium, gleichmässig verteilt, könnte bei jedem einzelnen Menschen auf der Erde Lungenkrebs erzeugen. Angesichts dieser Tatsache ist es furchterregend zu wissen, dass jeder kommerzielle Atomreaktor im Jahr etwa 400 bis 500 Pfund Plutonium erzeugt. Da es keine hundert Prozent sichere Technologie gibt, entweicht jedesmal etwas Plutonium, wenn man damit umgeht.

Konzentrationsmechanismen in Lebewesen

Bei einem Arbeiter der Hanford-Atomkraftwerke in den USA wurde eine unerklärliche Verseuchung mit Zink-65 festgestellt. Man fand dann heraus, dass der Mann Austern gegessen hatte, die von einer Muschelbank im Pazifik stammten. Obwohl diese 400 km von der Atomanlage entfernt war, hatte sich dort das im AKW-Abwasser mitgeführte Zink-65 um einen Faktor 200'000 angereichert. Dies ist ein Musterbeispiel dafür, wie unübersehbar die Gefahr der radioaktiven Vergiftung von Nahrungsmitteln ist.

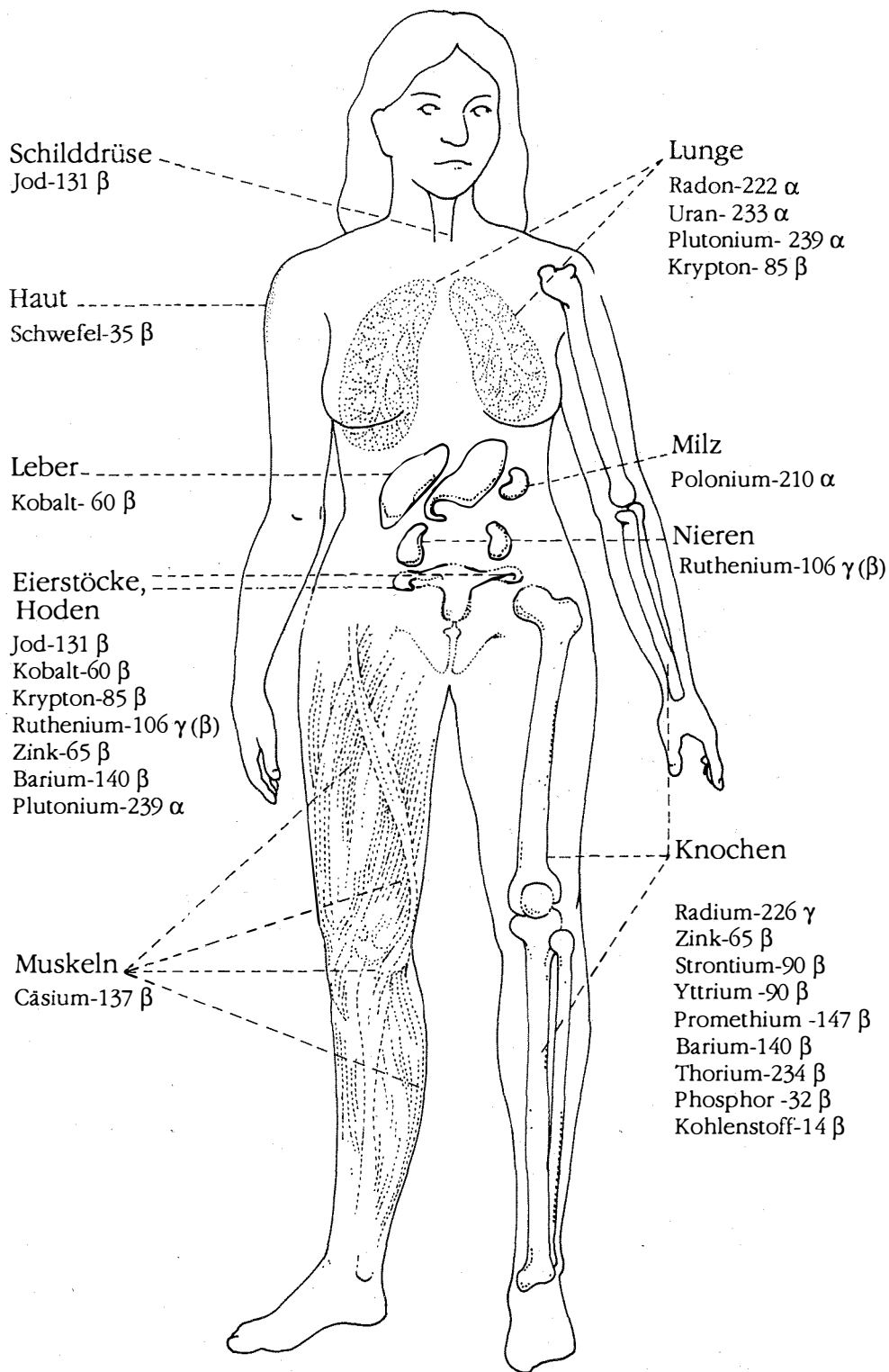
Vieltausendfache Konzentrationsfaktoren in der Biomasse sind möglich: in Süßwasserfischen bis zu 10'000fach, im Plankton bis zu 200'000fach. Die untenstehende Tabelle zeigt einige Konzentrationsfaktoren, wie sie für Spalt- und Korrosionsprodukte aus Atomkraftwerken gefunden wurden.

	Sedimente	Phyto- plankton	Wasser- pflanzen	Fische
Sr-90	10 – 500	10 – 1'000	10 – 10'000	1 – 200
Cs-137	100 – 14'000	30 – 25'000	10 – 5'000	400 – 10'000
Ko-60	4'000 – 29'000	--	200 – 24'000	400 – 4'000
Fe-59 u.a.	--	bis 20'000	bis 100'000	1'000 – 10'000

In den Nahrungsketten finden die in unserer Technik entstehenden Radionuklide in komplexer Weise den Weg von einem Geschöpf zum anderen, von einer Generation zur anderen. Manchmal konzentriert, manchmal fein verteilt. Niemand kann wissen, wann und wo z.B. radioaktive Abfallprodukte auf unseren Tellern, im Wasser oder in der Luft auftauchen.

Es handelt sich um ein Problem, das überhaupt nie zu beherrschen ist. Je nach ihren Eigenschaften sind Radionuklide auch nach Jahren, Jahrhunderten und Jahrmillionen noch nicht alle aus der Biosphäre verschwunden!

Wo sich radioaktive Stoffe in unserem Körper konzentrieren



Wie lange radioaktive Substanzen in unserem Körper verweilen, hängt mit den chemischen und biochemischen Eigenschaften der betreffenden Substanz zusammen. Diejenige Zeit, nach welcher die Hälfte der Menge einer inkorporierten Substanz auf natürlichem Weg (Stuhl, Harn, Schweiß) aus dem Organismus ausgeschieden ist, wird als **biologische Halbwertszeit** bezeichnet.

2.4 Strahlenschäden

Jede ionisierende Strahlung, unabhängig ob natürlicher oder künstlicher Herkunft, ob äussere Strahlung oder innere, von inkorporierten Substanzen verursachte Strahlung, bewirkt eine Schädigung im belebten Gewebe.

Die biologische Strahlenwirkung beginnt bei der Dosis Null. Es gibt keine Toleranzdosis. Nach jeder Bestrahlung können Schäden auftreten, wie klein die Dosis auch sein mag.

Bei biologischen Strahlenwirkungen ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen:

- **somatischen Schäden**, das sind gesundheitliche Schäden, die den bestrahlten Menschen selbst betreffen.
- **genetischen Schäden**, das sind Erbschäden, die erst bei späteren Generationen sichtbar werden und von Generation zu Generation weiter vererbt werden.

2.5 Somatische Schäden

Je nach der zeitlichen Dauer und der Intensität der Strahlung kann zwischen akuten d.h. sofort erkennbaren Strahlenschäden (sog. Strahlenkrankheit) und Spätschäden unterschieden werden. Beim Menschen treten schwerwiegende akute Strahlenschäden schon bei einigen Sv auf. Bestrahlungsdosen dieser Grössenordnung kommen bei Atomwaffenexplosionen und bei grossen Atomreaktorkatastrophen (z.B. Tschernobyl) vor.

Strahlenkrankheit (akute Strahlenschäden)

Man versteht darunter krankhafte Veränderungen im Menschen, die durch Einwirkung von radioaktiver Strahlung zustande kommen (vgl. II/1). Die Krankheitssymptome, deren Stärke und teilweise auch der Zeitpunkt ihres Auftretens, sind abhängig von der Menge (Dosis) der aufgenommenen Strahlung. Die radioaktive Strahlung greift in alle biologischen Abläufe ein und stört sie. Schwer betroffen sind vor allem die teilungsfähigen Zellen, z.B. im blutbildenden Knochenmark, sämtliche inneren und äusseren Haut- und Schleimhautzellen. Das Knochenmark bildet auch jene Zellen, die für die Infektabwehr verantwortlich sind. Die Strahlenempfindlichkeit sehr junger und alter Menschen ist erhöht, d.h. sie werden bereits bei geringerer Strahlendosis krank.

Spätschäden

Radioaktivität verkürzt die Lebenszeit. Dafür ist wahrscheinlich die Störung des Immunsystems durch eine chronische Strahlenbelastung verantwortlich. Die häufigsten Krankheiten durch radioaktive Strahlung sind Leukämie und Krebs aller Formen. Heute gilt als gesichert, dass alle Krebsarten durch ionisierende Strahlen erzeugt werden können. Leukämie hat mit 5 bis 10 Jahren die kürzeste Latenzzeit aller Krebsarten.

Das Risiko, während der verbleibenden Lebensspanne an Krebs zu sterben, wird von verschiedenen Gremien unterschiedlich beurteilt. Unter der Annahme, dass 1 Million Menschen mit 10 mSv (1 rem) bestrahlt werden, sind die folgenden Einschätzungen gemacht worden:

Quelle	Anzahl Krebstote pro 1 Mio mit 10 mSv Bestrahlter
Berichte der Amerikanischen Akademie der Wissenschaften BEIR III (1980) Advisory Committee on the B iological Effects of I onizing Radiation of the USA	ca. 70
Internationale Strahlenschutzkommission ICRP Publikation 26 Recommandations of the I nternational C ommission on R adiological P rotection	ca. 125
Japanische Kommission zur Untersuchung radioaktiver Strahlenwirkung RERF TR 9 - 87 Radiation Effects Research Foundation	ca. 1300

Wie gross die jährliche Strahlenbelastung in der Schweiz ist, zeigt die nachstehende Grafik:

- 1: Beruf 0.003 mSv
- 2: Forschung Technik, AKW 0.01 mSv
- 3: Fallout abnehmend 0.04 mSv
- 4: Kleinquellen 0.1 mSv

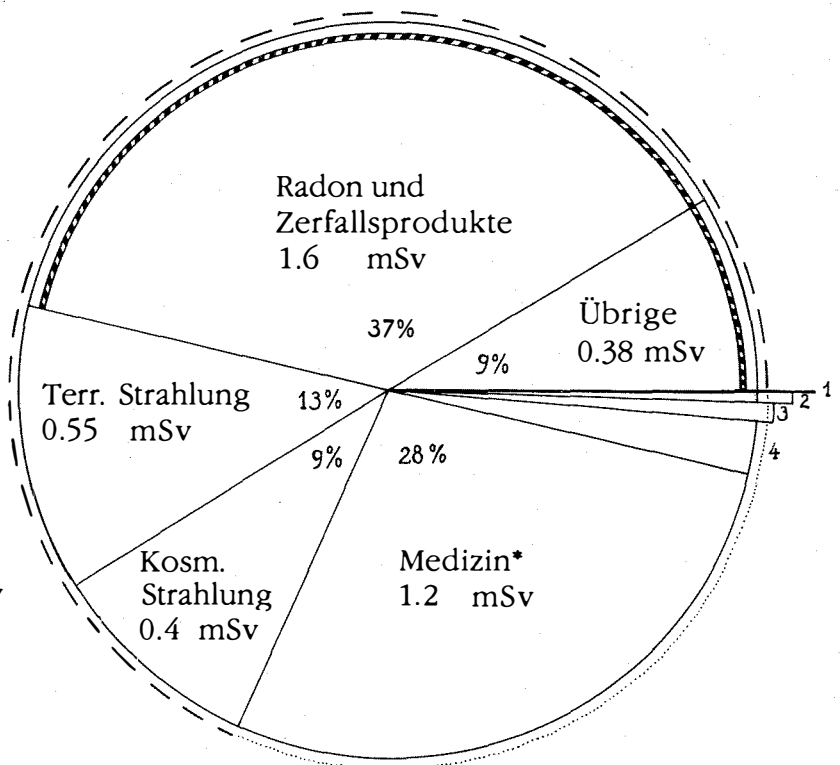
--- Natürliche Bestrahlung 68 %

..... Künstliche Bestrahlung 32 %

▨ Körperinnere Bestrahlung

totale natürliche Strahlenbelastung 2.93 mSv
Kü 84; Ro 87

* grösster unmittelbar zu beeinflussender Faktor



Bei einer stabilen Bevölkerung von 6 Mio in der Schweiz muss danach jährlich mit unterschiedlich vielen zusätzlichen Krebstoten gerechnet werden:

	BEIR	ICRP	RERF
Beruf	1	1	2
Forschung, Technik, AKW	1	1	8
Fallout (Bomben)	2	3	30
Kleinquellen	4	8	80
Medizin	50	90	940
Kosmische Strahlung	17	30	310
Terrestrische Strahlung	23	41	430
Radon und Zerfallsprodukte	67	120	1250
Übrige	16	29	300
Total	180	323	3350

Für das ganze Ereignis der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl (0.2 mSv im ersten Jahr, ca. 0.5 m Sv in den Folgejahren) ist durchschnittlich mit folgenden Opferzahlen pro Jahr zu rechnen:

BEIR	30
ICRP	53
RERF	550

Zu beachten ist auch, dass die Strahlengefährdung des Embryos 25 bis 100mal höher ist als beim Erwachsenen. Dadurch können Missbildungen entstehen: Die Strahlen können einzelne Zellen während der Entwicklung vom Embryo zum fertigen Kind zerstören bzw. verändern. Missbildungen treten unter anderem auf in Form von fehlenden oder deformierten Organen oder Gliedmassen.

Wirkungen niedriger Strahlendosen

Durch die immer stärker zunehmende künstliche Radioaktivität wird die Bevölkerung vor allem durch Strahlen im niedrigen Dosisbereich belastet. Schwache Strahlung verursacht keine spezifische Strahlenkrankheit, sondern eine Vielfalt von auch sonst bekannten Krankheiten tritt im statistischen Mittel vermehrt auf. Es erkranken also nicht alle Bestrahlten, sondern nur ein Teil von ihnen. Es ist wie ein russisches Roulette, bei dem niemand weiss, ob nicht gerade er betroffen sein wird.

Eine Vielfalt von Krankheiten kann durch niedrige Strahlung verursacht werden: Leukämie, Krebs aller Arten, verminderte Fruchtbarkeit, Chromosomenveränderungen des Blutes, geistige und körperliche Schäden am Ungeborenen.

Viele wissenschaftliche Arbeiten der letzten Jahre zeigen, dass dies schon bei kleinsten Dosen, d.h. im Bereich der natürlichen Strahlung, des Fallouts und des Betriebs von Atomanlagen der Fall sein kann.

Jede zusätzliche Strahlenbelastung addiert sich zur natürlichen Strahlenbelastung und erhöht somit das gesundheitliche Risiko.

Spätschäden

Radioaktivität verkürzt die Lebenszeit. Dafür ist wahrscheinlich die Störung des Immunsystems durch eine chronische Strahlenbelastung verantwortlich. Die häufigsten Krankheiten durch radioaktive Strahlung sind Leukämie und Krebs aller Formen. Heute gilt als gesichert, dass alle Krebsarten durch ionisierende Strahlen erzeugt werden können. Leukämie hat mit 5 bis 10 Jahren die kürzeste Latenzzeit aller Krebsarten.

Das Risiko, während der verbleibenden Lebensspanne an Krebs zu sterben, wird von verschiedenen Gremien unterschiedlich beurteilt. Unter der Annahme, dass 1 Million Menschen mit 10 mSv (1 rem) bestrahlt werden, sind die folgenden Einschätzungen gemacht worden:

Quelle	Anzahl Krebstote pro 1 Mio mit 10 mSv Bestrahlter
Berichte der Amerikanischen Akademie der Wissenschaften BEIR III (1980) Advisory Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation of the USA	ca. 70
Internationale Strahlenschutzkommission ICRP Publikation 26 Recommandations of the International Commission on Radiological Protection	ca. 125
Japanische Kommission zur Untersuchung radioaktiver Strahlenwirkung RERF TR 9 - 87 Radiation Effects Research Foundation	ca. 1300

Wie gross die jährliche Strahlenbelastung in der Schweiz ist, zeigt die nachstehende Grafik:

- 1: Beruf 0.003 mSv
- 2: Forschung Technik, AKW 0.01 mSv
- 3: Fallout abnehmend 0.04 mSv
- 4: Kleinquellen 0.1 mSv

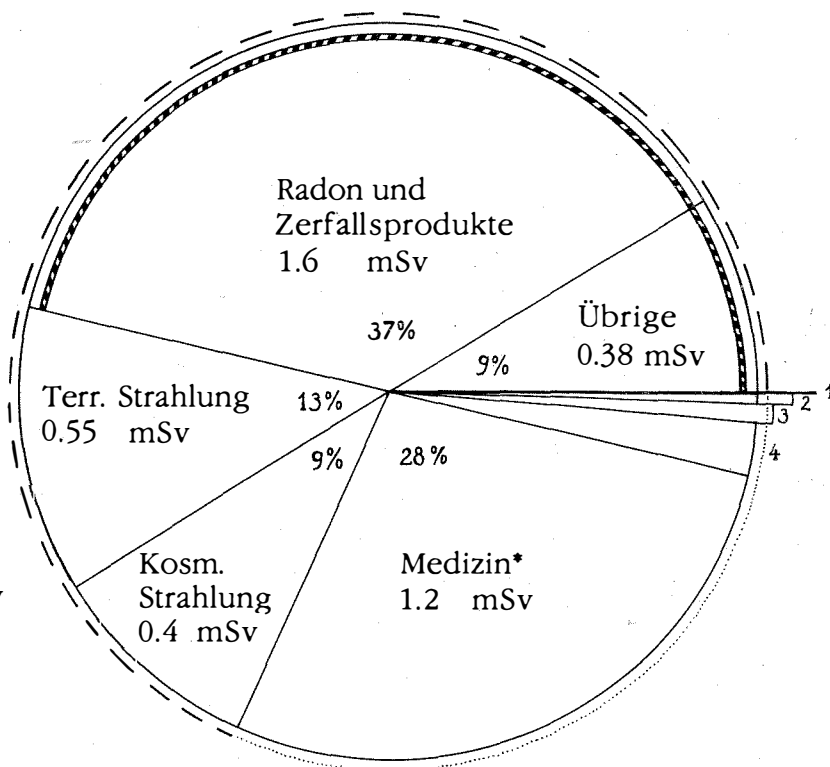
--- Natürliche Bestrahlung 68 %

..... Künstliche Bestrahlung 32 %

==== Körperinnere Bestrahlung

totale natürliche
Strahlenbelastung 2.93 mSv
Kü 84; Ro 87

* grösster unmittelbar
zu beeinflussender Faktor



Bei einer stabilen Bevölkerung von 6 Mio in der Schweiz muss danach jährlich mit unterschiedlich vielen zusätzlichen Krebstoten gerechnet werden:

	BEIR	ICRP	RERF
Beruf	1	1	2
Forschung, Technik, AKW	1	1	8
Fallout (Bomben)	2	3	30
Kleinquellen	4	8	80
Medizin	50	90	940
Kosmische Strahlung	17	30	310
Terrestrische Strahlung	23	41	430
Radon und Zerfallsprodukte	67	120	1250
Übrige	16	29	300
Total	180	323	3350

Für das ganze Ereignis der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl (0.2 mSv im ersten Jahr und total 0.5 mSv in den 80 folgenden Jahren), ist gesamthaft mit folgenden Krebstodesfällen zu rechnen:

BEIR	100
ICRP	178
RERF	1850

Zu beachten ist auch, dass die Strahlengefährdung des Embryos 25 bis 100mal höher ist als beim Erwachsenen. Dadurch können Missbildungen entstehen: Die Strahlen können einzelne Zellen während der Entwicklung vom Embryo zum fertigen Kind zerstören bzw. verändern. Missbildungen treten unter anderem auf in Form von fehlenden oder deformierten Organen oder Gliedmassen.

Wirkungen niedriger Strahlendosen

Durch die immer stärker zunehmende künstliche Radioaktivität wird die Bevölkerung vor allem durch Strahlen im niedrigen Dosisbereich belastet. Schwache Strahlung verursacht keine spezifische Strahlenkrankheit, sondern eine Vielfalt von auch sonst bekannten Krankheiten tritt im statistischen Mittel vermehrt auf. Es erkranken also nicht alle Bestrahlten, sondern nur ein Teil von ihnen. Es ist wie ein russisches Roulette, bei dem niemand weiss, ob nicht gerade er betroffen sein wird.

Eine Vielfalt von Krankheiten kann durch niedrige Strahlung verursacht werden: Leukämie, Krebs aller Arten, verminderte Fruchtbarkeit, Chromosomenveränderungen des Blutes, geistige und körperliche Schäden am Ungeborenen.

Viele wissenschaftliche Arbeiten der letzten Jahre zeigen, dass dies schon bei kleinsten Dosen, d.h. im Bereich der natürlichen Strahlung, des Fallouts und des Betriebs von Atomanlagen der Fall sein kann.

Jede zusätzliche Strahlenbelastung addiert sich zur natürlichen Strahlenbelastung und erhöht somit das gesundheitliche Risiko.

Es gibt zwei grundsätzlich verschiedene Vererbungsweisen, die **dominante** und die **rezessive** (verdeckte) Vererbung:

Eine Mutation, die dominant vererbt wird, bewirkt, dass das Kind und alle seine Nachkommen diese Mutation und den daraus sich ergebenden Erbschaden tragen werden.

Eine rezessive Mutation hingegen ist noch viel heimtückischer. Sie kann unbemerkt weitervererbt werden, bis sie mit der gleichen Mutation im anderen Elternteil zusammentrifft, was viele Generationen dauern kann. Der Träger einer rezessiven Mutation braucht von seiner verdeckten Erbschädigung gar nichts zu spüren. Es ist also möglich, dass eine Bevölkerung mit rezessiven Erbschäden stark durchsetzt ist, ohne dass dies vorerst festgestellt wird. So kann ein durchaus normales Bild vorgetäuscht werden. Beim Erreichen einer kritischen Verbreitung mit entsprechenden Kombinationsmöglichkeiten der geschädigten Partner können irgendwann in der Zukunft die an der Volksgesundheit angerichteten Schäden sichtbar werden (sogenannte Erbkatastrophe). So können zukünftige Generationen noch in Hunderten und Tausenden von Jahren von heute entstandenen rezessiven Mutationen betroffen werden.

Zwischen rezessiven und dominanten Mutationen gibt es auch Zwischenstufen, aber die meisten Mutationen sind schädlich und bewirken eine Verminderung der Vitalität und Fruchtbarkeit. Bei den Erbschäden stehen nicht auffällige Missbildungen und einzelne seltene Krankheiten wie Bluterkrankheit und Zwergwuchs im Vordergrund. Diese meist gut untersuchten Erbkrankheiten bilden nur die Spitze des Eisberges. Vielmehr können fast alle Krankheiten eine genetische Komponente haben und dann unheilbar sein.

Literatur

Last Aid, Die med. Auswirkungen eines Atomkrieges. E. Chivian, S. Chivian, R. J. Lifton, J. E. Mack. IPPNW ISBN 3-88454-777-1

Pschyrembel Wörterbuch: Radioaktivität, Strahlenwirkung, Strahlenschutz de Gruyter, ISBN 3-11-011048-2

Strahlenbiologie, Roman Spiess, Schule für Strahlenschutz, EIR Würenlingen

Genetik, Bresch-Hausmann, Springer Verlag, Berlin Heidelberg

Unterrichtseinheit Atomenergie, Verlag die Werkstatt, 3400 Göttingen, ISBN 3-923478-02-X

Keine akute Gefahr, Die radioaktive Verseuchung der Erde. Rosalie Bertell, Goldmann, ISBN 3-442-11424-1

3. Uranbergbau

3.1 Uran als Quelle natürlicher Radioaktivität (vgl. I/2.5)

Die Erdkruste weist einen natürlichen Urangehalt von 2,8 bis 4 g pro t auf. Uranhaltiges Gestein ist über weiten Teilen der Erde in «alten Massen» freigelegt, somit an der Erdoberfläche. Dieses Uran bewirkt natürliche Radioaktivität in Form von α -, β - und γ -Strahlen, entstanden beim Zerfall von U-235 und U-238 und ihren Spaltprodukten. Der Uranzerfall ist ein physikalischer Prozess, der ohne Beeinflussung durch Temperaturen, Feuchtigkeit, Säuren usw. abläuft. Die radioaktiven Isotope zerfallen bis nichts mehr vorhanden oder ein stabiler Atomzustand erreicht ist. Bei der Verwitterung der Gesteine wird radioaktives Material in tiefere Zonen gespült. Die Biosphäre wird deshalb – hauptsächlich durch gasförmige Zerfallsprodukte – wenig belastet.
Vergl. I/2.2.

3.2 Abbau von Uran

Uran-Lagerstätten finden sich

- **in Urgesteinen**

in Gängen von Plutonen (Tiefengesteinskörper, aus Magma entstanden, häufig als Träger von Erzlagern). Dieses Uran wird in Stollen abgebaut. Allerdings sind die Vorratsmengen gering, der Abbau trotz relativ hoher Konzentration meist unwirtschaftlich.

- **in Sedimenten** (Ablagerungsgesteinen)

Es handelt sich dabei um Verwitterungsschutt von Plutonen. Die Sande und Kiese können mit Baggern abgebaut werden. Die Vorratsmengen sind gross. Sie befinden sich hauptsächlich in Kanada, Südafrika, USA, Niger, Argentinien, Spanien, Frankreich, UdSSR und Australien.

Bei einer Urankonzentration von 0,2 % wird Uran abgebaut. Zusätzliches uranhaltiges Gestein gelangt dabei an die Oberfläche. Damit beginnt der künstliche Weg der Radioaktivität in die Biosphäre.

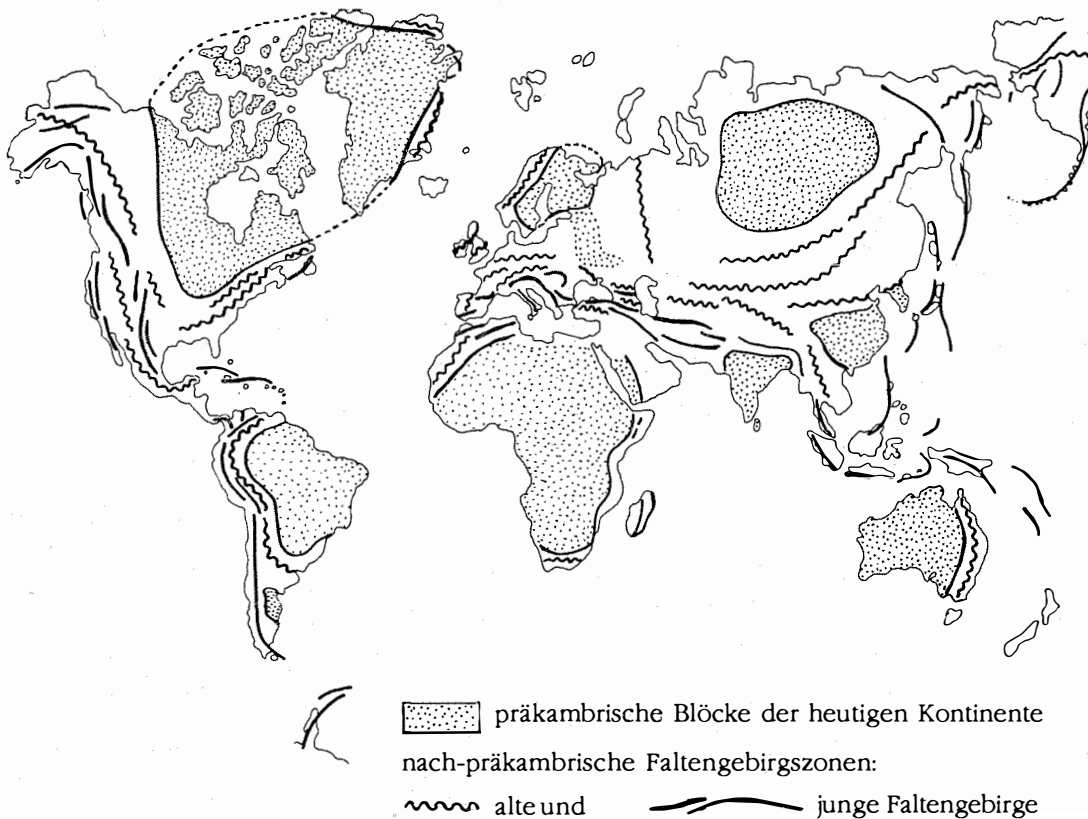
Uranreserven in 1000 t (bei Produktionskosten von max. 50 \$ für 1 Pfund U_3O_8 (Yellow Cake)).

USA	407	Brasilien	163
Australien	336	Niger	160
Südafrika	313	Südwestafrika	135
Kanada	185	Frankreich	68

keine Angaben für UdSSR und VR China

Uranhaltiges Gestein findet sich weltweit in geologisch alten Strukturen, kann also anhand von tektonischen Karten grob lokalisiert werden.

Uranvorkommen liegen vor allem in Faltengebirgen nahe an der Oberfläche



Quelle: Beurlen, Geologie, Kosmos Verlag, Stuttgart

Die wichtigsten westlichen **Urangesellschaften** sind:

Gulf Oil Corporation
Englehard Minerals and
Chemicals Corporation
Rio Algam Corporation
Kerr-McGee
United Nuclear
Exxon

General Electrics
Phillips Petroleum
Getty Oil
Anaconda
Rio Tinto Zinc

Wie die Liste zeigt, haben die Urangesellschaften Verbindungen zum Ölhandel oder zum Bergbau.

Abbaumethoden

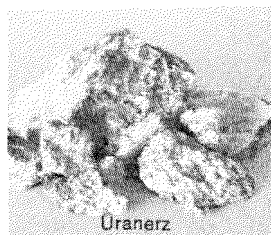
- **Tagebau** bis 100 m Tiefe
Die Oberfläche wird abgesprengt, Förderbänder bringen kubikmetergrosse Felsstücke zu den Lastwagen. Der Wind verteilt dabei weitherum feinen Staub radioaktiven Materials.
- **Arbeit unter Tage** bei tieferliegenden Vorkommen
Damit sich die Schächte nicht mit Grundwasser füllen, werden sie kontinuierlich trocken gepumpt. Diese Abwässer sind radioaktiv verseucht und belasten die Umwelt bei ihrer Entsorgung.
- **Situ-Sickerungsverfahren** (Ausschwemmen)
Chemikalien werden in das sogenannte Scheidewasser gepumpt, das den Sandstein vom Uran trennt. Auch bei diesem Verfahren wird das Grundwasser verseucht.

Aufbereitung der Erze

Der Abbau von 10 t Gestein ergibt 1 t Uranerz à 0,1–0,3 %, und 9 t Abraum.

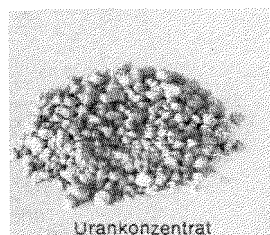
Das Trennverfahren ergibt 1–3 kg Uran U_3O_8 und 997 kg Abfall.

a)



Das abgebaute Material wird an der Oberfläche zu feinem Kies gemahlen (Korngrösse 0,1–0,5 cm).

b)



Uran wird chemisch von den andern Materialien getrennt (durch Auslaugen mit $NaCO_2$) geröstet und zu Yellow-Cake gepresst, eine Mischung von 0,71 % U-235 und 99,28 % U-238.

U-238 ist nicht spaltbar.

U-235 ist spaltbar, muss aber angereichert werden. (Konzentration von 3 %), damit ein Nuklearbrennstoff entsteht.

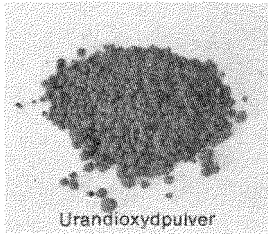
Die Anreicherung von U-235 kann nur auf physikalische Weise erfolgen, da U-238 und U-235 chemisch nicht unterscheidbar und damit auch nicht trennbar sind. Der Anreicherungsprozess ist eine Isotopentrennung.

Für die **Isotopentrennung** gibt es vier Verfahren:

- das Diffusionsverfahren
- die Uranzentrifuge
- das Trenndüsenverfahren
- die Anregung mit Laserstrahlen

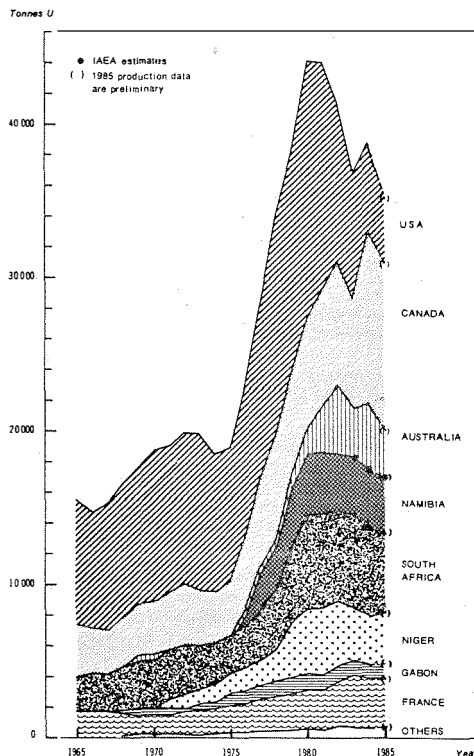
Bei der Isotopentrennung durchläuft das Uran die Trennungsanlagen als Gas UF_6 (Uranhexafluorid).

- c) Rückverwandlung in feste Form (Uran-dioxyd UO_2) als 10 mm hohe Brennstoffpillen (pellets) in Hüllrohren aus Zirkonium.



Uran-Produktion der Woca-Welt

Quelle: OECD-Report 1986, Overview Seite 13 und 15



Im Zusammenhang mit dem Bergbau wird

- das Grundwasser verseucht.
Zusätzliche radioaktive Isotope gelangen als α -Strahler ins Gewebe der Pflanzen und via Trinkwasser und Nahrung ins Gewebe der Menschen.
- noch mehr Radon-222-Gas an die Atmosphäre abgegeben. (Radon ist ein α -Strahler mit einer Halbwertszeit von 3,82 Tagen). Inhalirtes Radon lagert sich in Lunge und auf Bronchien der Grubenarbeiter ab und verursacht Lungenkrebs.
- gefährliche γ -Strahlung freigesetzt.
Eine nicht radioaktive 30 bis 50 cm dicke Erdschicht über dem uranhaltigen Gestein schirmt eine solche fast vollständig ab. Durch den Bergbau wird diese Abschirmung entfernt.

Der Bergbau

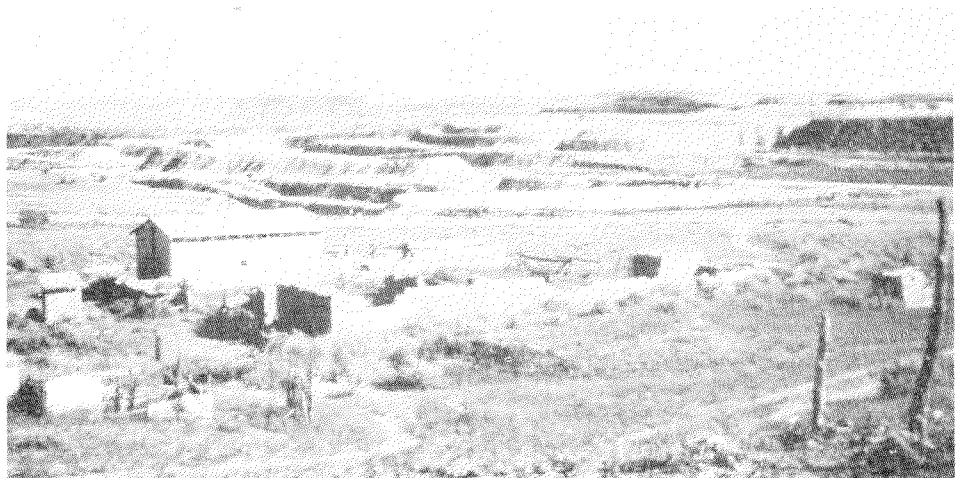
Um ein Kernkraftwerk von 1000 MW zu betreiben, muss man jährlich 150'000 bis 200'000 t Erze abbauen. **1 t Erz liefert 2 kg Uran in Form von Yellow-Cake U_3O_8 .**

Die wichtigsten Uranvorkommen finden sich in den USA, in Kanada, Südafrika und Australien. Lage und Umfang der Vorkommen im Ostblock werden geheimgehalten.



Grösste offene Uran-Mine in Amerika

Quelle: Jackpile-Paguate Uranium Mine Reclamation Project, Environmental Impact Statement (final), Band 1, herausgegeben vom U.S. Department of the Interior, Oktober 1986.



Die strahlenden Abfallhalden der Jackpile-Mine nahe dem Dorf Paguate.

Fotos: Gert Hensel

Abraum

- **Abfallhalden**

Was nicht als Uran ausgeschieden wird, gelangt auf die Abfallhalden. Dieser **Abraum** ist noch **mit 85 % der ursprünglichen Radioaktivität belastet** (z.B. Tochternuklide Thorium-230, Radium-226). Die festen Abfälle haben das doppelte Volumen der geförderten Erze. An der vergrößerten Oberfläche wird auch mehr Radioaktivität in Form von gasförmigen Radioisotopen abgegeben (Radon-222).

Da es oft zu kostspielig ist, die Abfälle wieder zu vergraben (was einen wirklichen Schutz vor Radioaktivität bedeuten würde), werden die Abbauzonen mit dem Abraum gefüllt. Bedeutende Konzentrationen an Radioaktivität bleiben somit an der Oberfläche, denn Tochternuklide setzen ihren Zerfall fort.

Manchmal werden feste Abfälle mit den schwach radioaktiven Abwässern in Absetzbecken (Wasserbecken zum Absetzen von Feststoffen) gelagert. Radionuklide setzen sich im Wasser sehr schnell als Schwermetalle ab. Gefahr besteht allerdings bei Dambrüchen oder unkontrollierten Abflüssen.

- **Kontrolle**

Der Abbau von Uran wurde in den westlichen Ländern der Verantwortung der Urangesellschaften überlassen. Auch die Abfälle werden von den Fördergesellschaften kontrolliert. 1946 delegierte die US-Atomenergiekommission jede Überwachung für die Dauer von 50 Jahren an die Urangesellschaften.

Über die Kontrolle im Ostblock fehlen diesbezügliche Angaben. Dort dürfte die Kontrolle dem Staat obliegen.

Konzerne vertreten oft die Meinung, sie könnten Kontrollaufgaben am besten in Selbstverantwortung übernehmen, da sie über die besten fachlichen und technischen Möglichkeiten verfügten. Gefahr besteht dann, wenn Geschäftsinteressen ernstlich tangiert werden, indem z.B. die Kosten für Schutzmassnahmen so hoch werden, dass der wirtschaftliche Nutzen für die Firma nicht mehr genügend hoch ist.

- **Unsachgemässe Abfallbeseitigung.** Einige Beispiele:

1. **Tuba City**

Nach der Einstellung des Betriebes 1966 verblieben 80'000 t radioaktiven Sandes. Die Gesellschaft versah die Hügel mit einem chemischen Überzug und umgab sie mit einem Zaun.

Inzwischen sind der Überzug abgenutzt, ein Teil der Abfallhaufen vom Wind weggetragen und der Zaun vom Sand begraben.

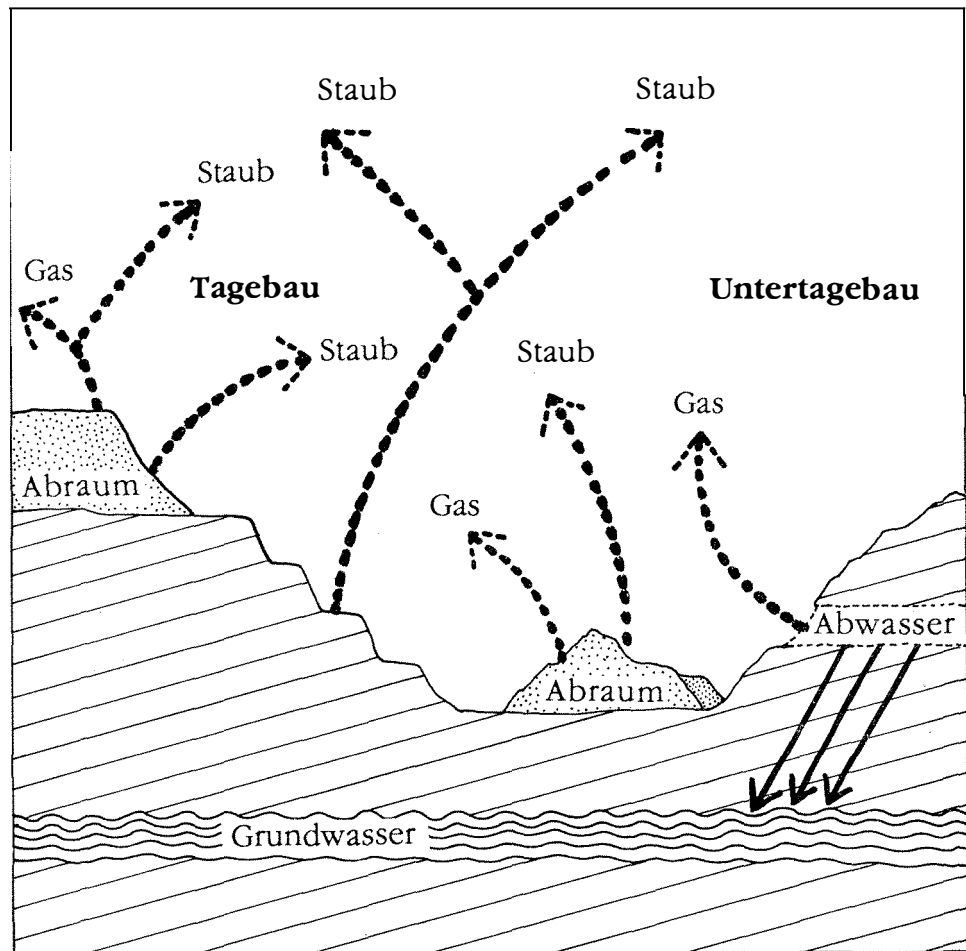
Ausströmendes Radongas bildet noch immer eine Gefahr für ca. 25 bewohnte Häuser in unmittelbarer Umgebung.

2. **Colorado Plateau**

Exxon hat beim Indianerstamm der Navajos 400'000 Morgen Land gepachtet, um darauf Abfälle zu lagern. Falls wegen Nachlässigkeit oder infolge eines Unfalls grosse Mengen an Radioaktivität ins Grundwasser gelangen sollten, wären dort Landwirtschaft und Nutztierhaltung verunmöglicht, die Navajos würden ihre Existenzgrundlage verlieren.

3. Grand Junction, Colorado

Wo der Abraum auf Halden gelagert wurde, geriet er als Baumaterial in die Hände der Indianer. Sie bauten ihre Hogans (Häuschen), Schulen und Strassen mit dem strahlenden Material, in Unkenntnis und ohne dass die Verantwortlichen intervenierten.



Uran-Mine Bel Laguna Pueblo – die grösste offene radioaktiv kontaminierte Wunde in den USA und daneben die Ruinen der Behausungen früherer Bewohner des Chaco Canyon (die runden Öffnungen der restaurierten Anlage waren einst Zeremonien-Räume, Kiva). Fotos: Gert Hensel

Uran-Mühlen in den USA 1980

Quelle: Statistical Data of the Uranium Industry, DOE-Bericht 1980



Wirkung des Uranabbaus auf den Menschen

Uranarbeiter sind dort beschäftigt, wo die Erze von den Felsen abgesprengt, wo sie zerkleinert und wo die Abfälle abgelagert werden, also wo **Staubentwicklung** nicht vermieden werden kann. Ausserdem lagert freigesetztes radioaktives **Radongas** in den Stollen. Es wird heute durch Ventilatoren an die Erdoberfläche geblasen. Erhöhte Radioaktivität bedeutet erhöhtes **Krebsrisiko**.

Die Uranarbeiter müssen damit rechnen, früher oder später an Lungenkrebs zu sterben, denn der Staub, den sie einatmen, strahlt in den Lungen weiter.

1879–1897 wurde die Berg- oder Lungensucht bekannt als **«Schneeberger Lungenkrebs»**. Seit 1610 wurde in Schneeberg (DDR, westl. Erzgebirge) Kobalterz abgebaut, 1940 stiess man dort auch auf Uran als Nebenprodukt.

Der Lungenkrebs wurde bei anhaltendem Einatmen der radioaktiven Grubenluft ausgelöst und verstärkt durch zusätzliche Strahlung des Urans auf die durch Arsen gereizte Lunge. Anzeichen waren fahle Hautfarbe, Atemnot, später Tod. Man fand verhärtete Drüsen und Bronchien. Innert 10 Jahren starb jeder vierte Arbeiter an Lungenkrebs.

Heute weiss man, dass im Bergbau häufig Radon als Nebenprodukt auftritt. Obwohl der «Schneeberger Lungenkrebs» weltweit ein Begriff geworden war, und obschon man an seinen Opfern Studien vorgenommen hatte, zog man in den Anfängen des Uranabbaus keine Lehren daraus, sondern sparte an Sicherheitsvorkehrungen. Seither wurde durch Ventilation und Bekämpfung der Staubeentwicklung das Risiko gesenkt.

Aber erst seit 1972 gilt zum Beispiel in den USA eine Strahlengrenze für Minenarbeiter. Im Grants Mineral Belt wird ihre Überschreitung durch häufigen Arbeiterwechsel vermieden. Um auch gefährlichere Arbeitsplätze besetzen zu können, haben einige Gesellschaften ein Bonus-System eingeführt, das höheren Lohn für die Förderung hochgradiger Erze verspricht. Wer mehr verdienen will oder muss, setzt sich also höherer Radioaktivität aus.

Unwissende Arbeiter und ihre Familien sind auch in ihrer Freizeit in Gefahr. Wegen fehlender Kontrolle werden alte offene Minenruben als Schwimmbecken benutzt, radioaktiver Abraum dient als Baumaterial, und der Wind verteilt radioaktiven Staub meilenweit. Inwieweit auch das Brauch- und Trinkwasser kontaminiert ist, wird kaum kontrolliert. Technisch wäre man in der Lage, alte Abraumhalden zu rekultivieren, was ihre Radioaktivität stark vermindern würde.

3.3 Uranvorkommen und Ureinwohner

Auf den ersten Blick haben die beiden Komplexe nichts miteinander zu tun. Uran wird dort abgebaut, wo die Konzentration hoch und die Infrastruktur bezahlbar ist. Der Bergbau ist in erster Linie ein Geschäft.

In den USA und in Australien sind dabei die Ureinwohner die Leidtragenden, denn Uran wurde in den letzten Jahrzehnten häufig dort gefunden, wo man früher scheinbar wertlosen Boden den Ureinwohnern als Reservat oder zur Nutzung zugesprochen hatte. Es handelt sich um die trockenen, eher unfruchtbaren oder zumindest schwierig zu bewirtschaftenden Gegenden der USA, wo Indianerstämme betroffen sind und um die Wüsten und Steppen Australiens, wo die Aborigines um ihre Landrechte kämpfen.

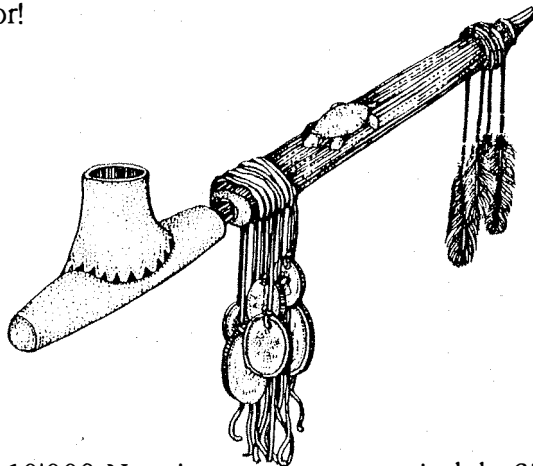
Durch die Uranfunde werden die einmal ausgehandelten Rechte dieser Minderheiten erneut gefährdet oder auch rücksichtslos übergeben. Auch wenn die Ureinwohner nicht vertrieben werden, haben sie kein Recht auf Bodenschätze unter ihrem Land. Dass man gesundheitliche Risiken bewusst in Kauf genommen hat, um allfällige Minderheitenprobleme zu «lösen», kann in einzelnen Fällen zumindest vermutet werden. Jedenfalls führt die Ausbeutung von Uran wegen der Vertreibung von Naturvölkern zur weiteren Zerstörung von Kulturen, wenn nicht zum physischen Untergang ebendieser Völker.

Uran auf indianischem Land

Vermutete und entdeckte Uran- und Kohlevorkommen dehnen sich über die Hälfte des indianischen Reservatsgebietes aus. Das meiste Uran liegt unter dem Land der Navajos (Arizona, New Mexico), der Pueblos (New Mexico), der Spokane (Washington), der Sioux (North Dakota, South Dakota), der Shoshone (Nevada), die heute bedrängt oder gezwungen werden, den Abbau zuzulassen und/oder umzusiedeln.

Uran wird zum Beispiel in den Black Hills, dem Stammesgebiet der Lakota-Indianer, abgebaut. Allerdings haben die USA und die Lakotas 1868 den Vertrag von Laramy unterzeichnet, der besagt, dass Land nur mit Zustimmung von 3/4 der erwachsenen Bevölkerung abgetreten werden kann. Die Lakotas haben der Enteignung ihres Landes nie zugestimmt, das laufende Enteignungs- und Entschädigungsverfahren ist rechtswidrig.

Pachtverträge laufen über das BIA (Bureau of Indian Affairs), die US-Behörde für Reservate. Schon 1978 waren 1'185'000 acres (1 acre = 4047 m²) Stammesland unter Pachtverträgen. (Pachtverträge für 4795,695 km², vgl. Schweiz 41'293 km².) Heute finden in Gebieten mit grossen Uranvorkommen, ebenso wie dort, wo Kohle, Kupfer, Gold abgebaut werden soll, Zwangsumsiedlungen und Enteignungen statt. Manchmal werden sie mit Uneinigkeiten zwischen indianischen Stämmen begründet. Wenn sich letztere gegen Umsiedlungen wehren, wirft man ihnen «mangelnde angelsächsische Toleranz» vor!



So werden zurzeit etwa 10'000 Navajos zwangsumgesiedelt. Sie lebten in einem Gebiet, welches dem Hopi- und dem Navajostamm zur gemeinsamen Nutzung überlassen worden war. Die Hopis, als sesshaftes, ackerbauendes Volk, benötigten von dem vorwiegend für Weide nutzbaren Gebiet weitaus weniger als das nomadisierende Hirtenvolk der Navajos. Es ist zwischen Hopis und Navajos ein Konflikt entstanden, weil das Land Bodenschätze birgt, welche die Hopis abbauen lassen können, sobald die Navajos abgezogen sind. Jetzt unterstützt das BIA die Hopis, die mit einer früher erfolgten Verkleinerung ihres Reservates nie einverstanden gewesen sind. Sobald die Navajos gegen ihren Willen und unter grossen Schwierigkeiten umgesiedelt sind, ist rohstoffreiches Land zur Ausnützung gewonnen. Ein besonderer Zynismus liegt darin, dass die vertriebenen Navajos in das Gebiet des Rito Puerco in New Mexico gewiesen wurden, dessen Wasser durch Uranabraumhalden radioaktiv verseucht ist. Den Navajos wurde nun geraten, im Ersatzland kein Vieh weiden zu lassen und möglichst wenig Wasser zu brauchen.

Heute fällt auf, dass die **USA Uran-Vorkommen auf indianischem Boden vordringlich abbauen**. Vielleicht befürchtet die Administration, in naher Zukunft die Kontrolle über diese Gebiete zu verlieren, denn die heute selbstbewussteren Indianer lassen sich nicht mehr übergehen, vertreiben, umsiedeln. Und die Vorkommen sollen noch abgebaut werden, solange es möglich und wirtschaftlich ist.

In New England, im Nordosten der USA, sind ebenfalls Uranvorkommen entdeckt worden, in einem ganz von Weissen bewohnten Gebiet. Diese vermochten bisher erfolgreich den Abbau zu verhindern. In Maine, ebenfalls in New England, bilden die Indianer eine verschwindend kleine Minderheit, und so ist ihr Land auf einige winzige Parzellen zusammengeschrumpft. Ausgerechnet auf diesem Land sollen nun nach dem Wunsch des US-Energy-Department zwei Lager für radioaktiven Abfall errichtet werden. Der Entscheid soll anfangs der 90er Jahre fallen.

Grosse indianische Reservatsgebiete sind zu «national sacrifice areas» erklärt worden, d.h. zu Gebieten, die dem nationalen Interesse geopfert werden. Oder im Klartext: Für atomare Interessen opfern die USA letzte Gebiete seiner Ureinwohner.

Vorläufig beschäftigen die US-Urangesellschaften **Indianer als Grubenarbeiter**. 1975 arbeiteten 3400 Navajos als Bergleute unter Tage, 900 im Tagebau. In Laguno Pueblo arbeitet jeder fünfte Indianer in den Minen der Anaconda-Gesellschaft. Man hat ihnen Arbeit und Lohn versprochen, aber nichts von Gefahren und Schutzmassnahmen gesagt.

Die Indianer sind nicht gewerkschaftlich organisiert, weshalb sie sich mit tieferen Löhnen als die der Weissen begnügen müssen. Auch nimmt niemand ihre Rechte wahr. Dafür sind sie die ersten Opfer des Urans. In Red Rock (Arizona) sind innert 10 Jahren von 100 Arbeitern in den McGee-Minen 25 an Lungenkrebs gestorben.

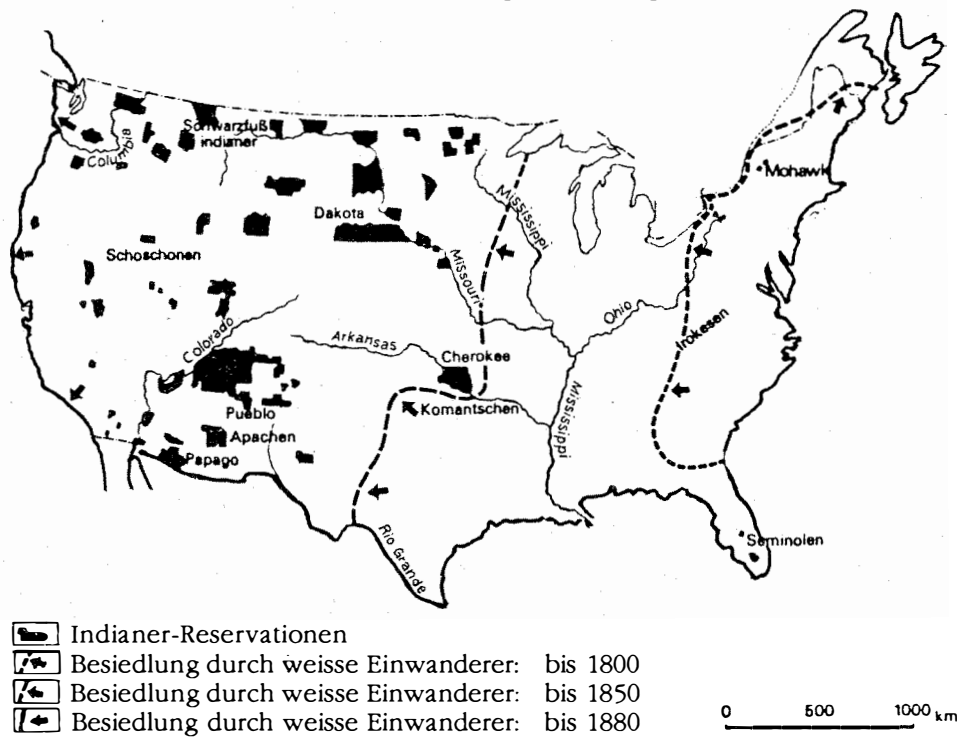
1984 wurde eine Studie über Uranbergbau und Lungenkrebs bei den Navajos veröffentlicht (New England Journal of Medicine 1984; 310: 1481-1484). Ihre Resultate sind deshalb besonders aussagekräftig, weil die Navajos in der Regel Nichtraucher sind und ausser dem Uranbergbau keine anderen Risikofaktoren für Lungenkrebs haben. Laut Tumorregister von New Mexico erkrankten zwischen 1969 und 1982 32 Navajos an Lungenkrebs. Von diesen 32 Navajo-Indianern arbeiteten 23 im Uranbergbau. Diese Häufung der Grubenarbeiter unter den Krebsopfern ist statistisch so eindeutig, dass der Zusammenhang Lungenkrebs-Uranbergbau erwiesen ist.

Aber dies wusste man auch schon früher (ohne daraus die Konsequenzen gezogen zu haben): 1976 wurden die Resultate von Nachforschungen an 780 amerikanischen Indianern, die in Urangruben arbeiteten, veröffentlicht (Ann. NY Academy of Science 1976; 271: 280-293). Aufgrund der bekannten Häufigkeitsdaten hätte man unter dieser indianischen Bevölkerung ungefähr 2,6 Lungenkrebsfälle erwartet. Es traten indessen aber 11 Fälle auf. Diese Häufung (um ungefähr das 4-fache) musste eindeutig auf den Uranbergbau zurückgeführt werden.

Indianer-Reservationen und Uranvorkommen

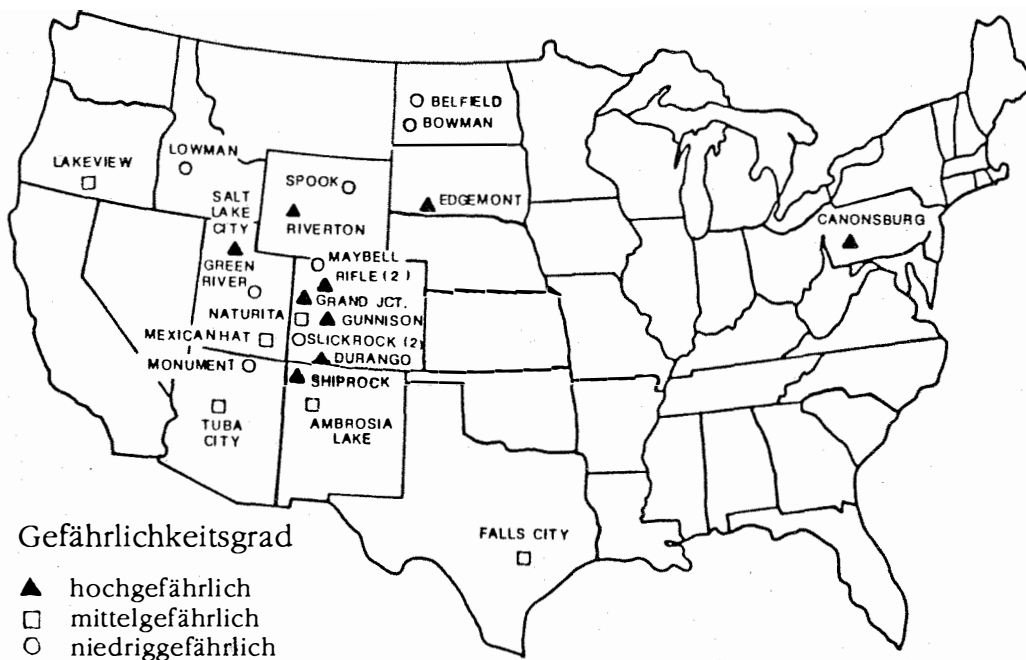
Indianer-Reservationen in den USA

Von den 244 Reservationen sind nur die grössten dargestellt



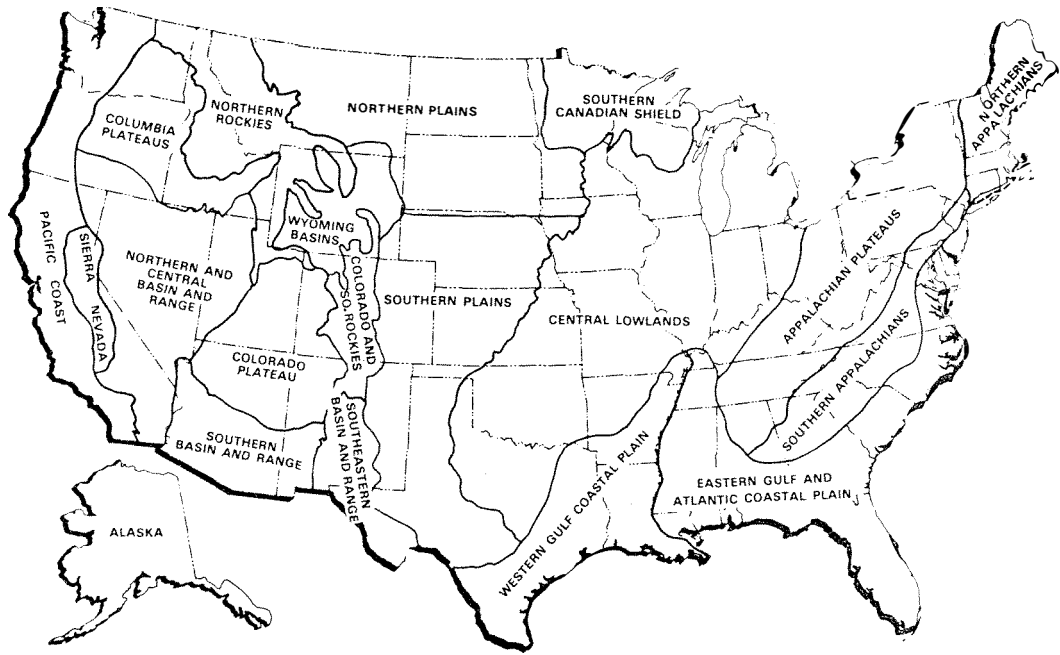
Tailings-Halden mit Uran-Abfall vom AEC-Bombenprogramm – getrennt nach hoch-, mittel- und niedriggefährlich für die Gesundheit.

Quelle: Uranium Mill Tailings Remedial Action Project, General Briefing Package, U.S. Department of Energy, April 1986



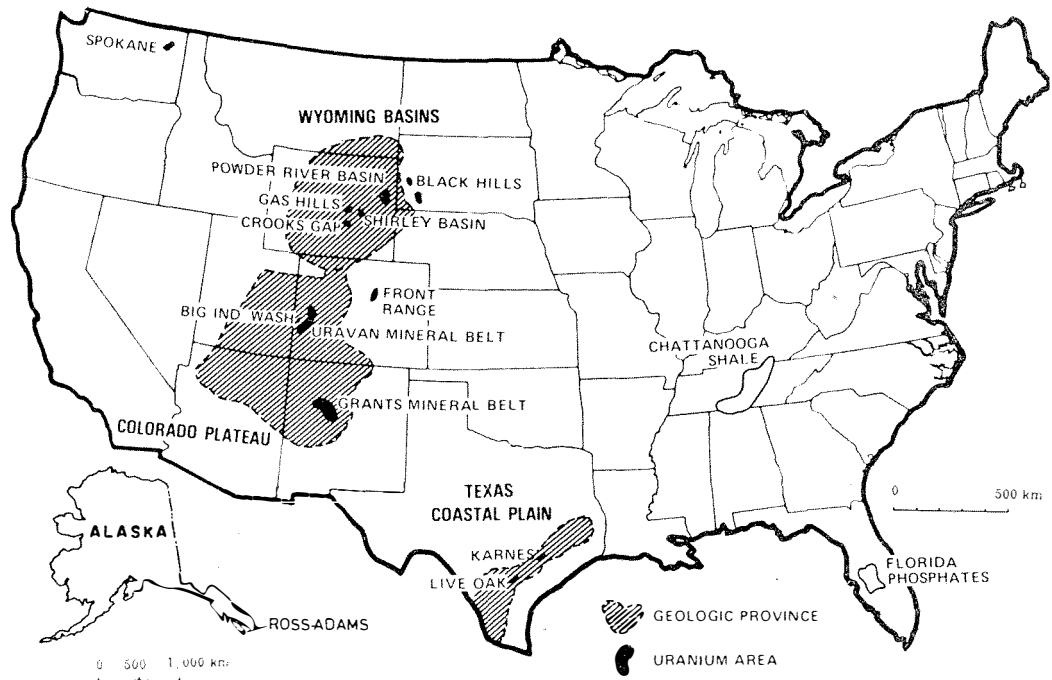
Etablierte Uran-Regionen der USA

Quelle: Statistical Data of the Uranium Industry, DOE-Bericht 1980



Zentrale Abbaugebiete in den USA

Quelle: OECD-Report 1982



Uran in Reservaten der Aborigines in Australien

In den Wüsten Inneraustraliens, des australischen Nordens und in den trockenen Gebieten des Südens, auf Land, das für die europäischen Siedler wertlos schien, wurden Reservate für die australischen Ureinwohner geschaffen.

Gegen Ende des 2. Weltkrieges entdeckte man auf diesem Land den Reichtum an Bodenschätzen. Es handelt sich unter anderem um 400'000 t Uranreserven, 18 % der Weltreserven, 30 % der westlichen Reserven, mit Förderkosten von weniger als 80 US-Dollars pro kg Yellow-Cake.

Seit der Erdölkrise 1973 ist die Nachfrage nach Uran noch gestiegen. Aber der Mehrbedarf trieb auch den Preis in die Höhe. Australien als Exportland hat die Gelegenheit benutzt, mit verschiedenen Ländern Verträge auf lange Zeit abzuschliessen.

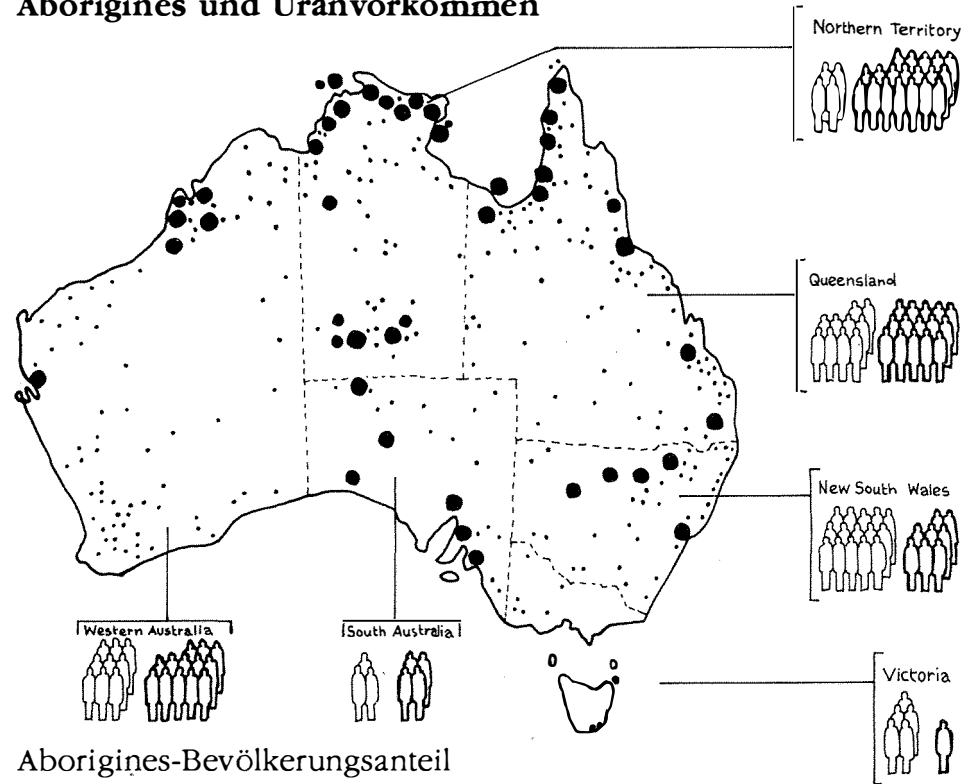
Australien selbst hat weder Atomkraftwerke noch Kernwaffen, und es beabsichtigt, «atomfrei» zu bleiben. Mit Neuseeland zusammen strebt es eine atomwaffenfreie Zone im Südpazifik an. Auf den Ertrag aus Uran will es aber nicht verzichten!

Grossbritannien hat seinen Einfluss auf die Gebiete des ehemaligen British Empire (Südafrika, Kanada, Australien) geltend gemacht, um zu Rohstoffen zu kommen. Für seine atomare Rüstung **braucht** es **Uran**. Die Briten haben in südaustralischen Gebieten um Maralinga auch einige Sprengköpfe getestet. Bei den Evakuierungen wurden die in der Nähe lebenden Ureinwohner einfach «übersehen». Seither dienen sie bei den regelmässigen Untersuchungen über die Wirkungen des damaligen Fallout als menschliche Versuchskaninchen.




Australien braucht den Export von Rohstoffen, um zu Devisen zu kommen. Seit der Erdölkrise bewerben sich viele Länder um australisches Uran. Britische Kapitalanleger stecken neues Geld in Probebohrungen und Minen. Australien hat sich verpflichtet, Uran in grossen Mengen an die USA, Japan und die EG-Länder zu liefern.

Die Ranger Mine produziert im Northern Territory seit Oktober 1981 jährlich 300 t Yellow-Cake, die Nabarlek Mine seit Juni 1981 jährlich 1'500 t. Unternehmen wie Le Nickel, Afmeco, Agip Nucléaire haben Prospektionsverträge für Gebiete südöstlich von Alice Springs.

Aborigines und Uranvorkommen

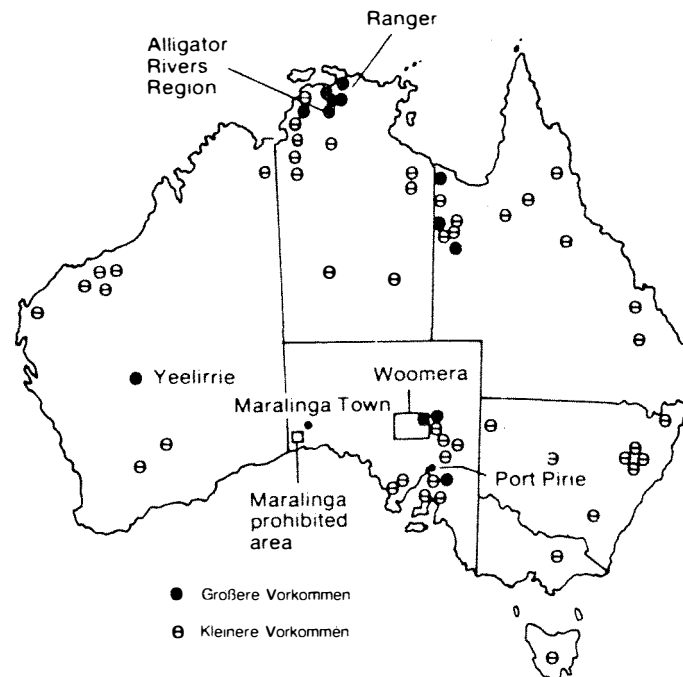




Aborigines-Bevölkerungsanteil

-  für 1'000 Aborigines (Landbevölkerung)
-  für 1'000 Aborigines (Stadtbevölkerung)
-  geschätzte gegenwärtige Aborigines-Bevölkerungsdichte

Quelle: J. Roberts «Nach Völkermord: Landraub und Uranabbau» Reihe program.

Uranvorkommen



-  Größere Vorkommen
-  Kleinere Vorkommen

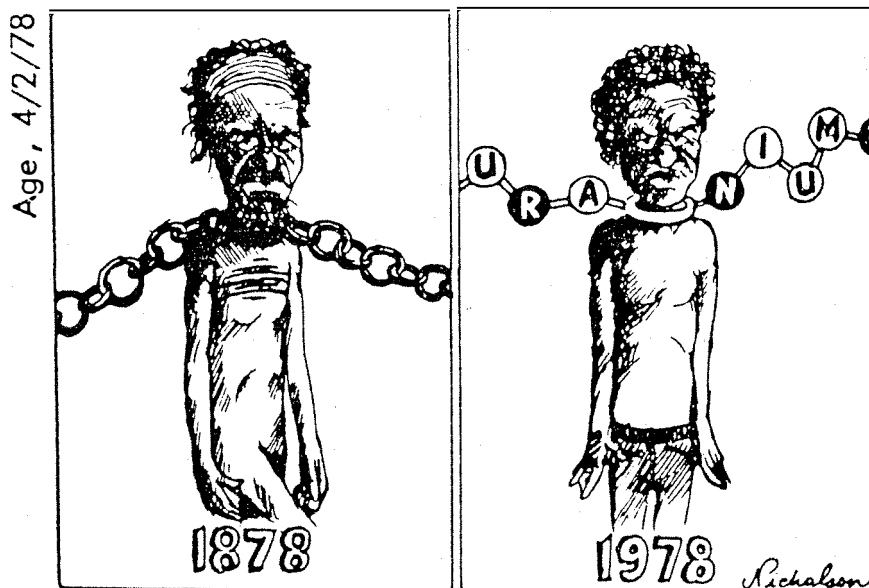
Quelle: zusammengestellt v. Mike Bell und Red Simpson anhand des AAEC Jahresberichtes und des Fox Berichtes des Department of National Resources.

Gefahren

Auch in Australien besteht die Gefahr einer nicht wiedergutzumachenden Verseuchung der Umwelt durch den Abbau von Uran. Die häufige Trockenheit lässt radioaktiven Staub entstehen, der durch Wind, Wirbelstürme und Monsunregen verbreitet wird.

Im Alligator-River-Valley baut die Ranger-Mine ein riesiges Abfallbecken, wo Rückstände, wegen der Verbreitungsgefahr durch den Wind, unter Wasser gelagert werden sollen. Die vier Seitendämme sind je mehr als 1 km lang und 40 m hoch. Tausende von Tonnen radioaktiven Schlammes werden diesen künstlichen See füllen. Darüber sollen 2 m Wasser ein Entweichen radioaktiver Stoffe in die Luft verhindern. Nicht auszudenken ist, was passiert, wenn ein Damm bricht, etwa bei einem Monsunregen.

Widerstand



Seit einigen Jahren verstärkt sich der Widerstand von Umweltschutzgruppen und einflussreichen Gewerkschaften gegen den Abbau von Uran. So weigerten sich eine Zeitlang die Eisenbahner, Uran von der Rio-Tinto-Zinc-Mine in Mary-Catleen (Queensland) abzutransportieren. Seeleute und Hafentarbeiter schlossen sich dem Streik an.

Ausserdem wollen die Aborigines nichts vom Uranabbau auf ihrem Land wissen. Als billige Arbeitskräfte waren sie nie gefragt, da sie für die Arbeit in den Bergwerken nicht motiviert waren. Die Minengesellschaften versuchten schon bald, eingestellte Arbeiter wieder loszuwerden. Schwierigkeiten traten dabei kaum auf, da sich die Aborigines nicht für die Arbeitsplätze einsetzten.

Seit Jahren kämpfen die Ureinwohner um «Land Rights» und haben auch Reservate und Rechte auf Wohnung und Nutzung erhalten. Als Nomaden sind sie auf grosse Ländereien angewiesen, wenn sie ihre angestammte Lebensweise weiterführen wollen. Aber sog. «nationale Interessen» gehen vor, d.h. dass die Aborigines nur dann uneingeschränkt über ihr Land verfügen können, wenn oder solange keine abbauwürdigen Bodenschätze gefunden werden. Niemand vertreibt sie, aber sie haben auch keine Möglichkeit, sich gegen weitere Schürfungen zur Wehr zu setzen.

Nachdem man früher die Aborigines in Reservaten von der weissen Bevölkerung getrennt hat, betreibt man heute eine neue **Politik**: die der **Assimilation**. Man lockt die Ureinwohner mit der Aussicht auf Arbeit und Wohnung in die Städte. Die Reservate entleeren sich, und wenn eine bestimmte Einwohnerzahl unterschritten wird, wird das Reservat geschlossen, d.h. es kann ohne Einschränkung nach Bodenschätzen gegraben werden. Bei dieser Politik geht es nicht um die Eingliederung der Schwarzen, sondern um die Interessen der Minengesellschaften. Diese haben sogar dann kaum mit Sanktionen zu rechnen, wenn sie ohne Bewilligung mit dem Abbau beginnen.

Zur Beunruhigung der Weissen ziehen die Aborigines in den letzten Jahren vermehrt aufs Land zurück, und sie beginnen auch, sich zu organisieren, um ihre Interessen besser vertreten zu können. Sie besinnen sich auf ihre alten Mythen, ihre Gebräuche und Heiligtümer, die durch Minen und Lärm gefährdet sind. Sie wehren sich auch gegen die Gefahren, die vom Uran drohen.

So erzählt ein altes Mythos von einer Regenbogenschlange in einem Berg im Reservat Arnhemland. Wer die Ruhe der Schlange stört, der provoziert, dass sie herauskommt und alles Leben auf der Erde zerstört. – Am Fusse dieses Berges wurde eines der reichsten Uranlager gefunden!

In immer höherer Masse erhalten die Aborigines Unterstützung von Weissen, die erkannt haben, dass mit der Entwurzelung der Ureinwohner auch deren Kultur, z.B. die berühmten Felsmalereien, von der Zerstörung bedroht ist, und dass die Ausbeutung der Uranlagerstätten die kulturelle und physische Existenz der Ureinwohner vernichten kann.

Literatur

- Öko-Institut. Atommüll. Wege aus einer zerstörten Umwelt. 1980. S. 10-37
- pogrom. Nach Völkermord: Landraub und Uranabbau
- rororo aktuell. Der Völkermord geht weiter. 1982. S. 154-156
- rororo Sachbuch. Indianerschulen, von Claus Biegert. 1979 S. 242 ff.
- NZZ 9./10. März 1985 Wochenendbeilage von Bernhard Lüthi
- NZZ 22./23. Januar 1983 Wochenendbeilage «Indianer im Labyrinth weisser Legalität»
- Informationsbulletin PSR-Schweiz 9-84/Nr. 3
- Aufsatz v. Renate Dominik «Atomare Rüstung und ihre Auswirkungen auf die Indianer Nordamerikas: der Kampf der Western Shoshone um Land- und Vertragsrechte»
- Gert Hensel «Strahlende Opfer». oekoextra. Focus 1987
- Weltwoche Nr. 6, 5. Febr. 1987. Reto Pieth «Warum nicht wohnen, wo es radioaktiv glüht?»
- H. Strohm «Friedlich in die Katastrophe». Hamburg 1973
- Sh. Novick «Katastrophe auf Raten». München 1969
- Bertell «Keine akute Gefahr». Goldmann Verlag